JAHRGANG XXXII. 1882. HEFT IV BIS VI.

Original-Beiträge.

Die Königliche geologische Landes-Anstalt und Berg-Akademie zu Berlin.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 7 bis 12, 12a, 13 und 14 im Atlas.)

(Schlufs.)

B. Das chemische Laboratorium der Berg-Akademie.

(Blatt 11, 12, 12a, 13 u. 14 im Atlas.)

Die häufig gemachte Erfahrung, dafs die Anlage chemischer Arbeitsräume in unmittelbarer Nähe von anderen Räumen diesen höchst lästig und gefahrvoll werden kann, veranlafste die Trennung derselben von dem Hauptbau und die Aufführung eines besonderen Gebäudes für diesen Zweck. Nur das chemische Auditorium mufste in dem Nordwest-Eckbau des Hauptbaues belassen werden, es ist jedoch durch einen doppelten Thürabschlufs von dem Hauptbau getrennt und mit dem für das Laboratorium direct von aufsen her angelegten Zugang und dem zugehörigen Vorflur in Verbindung gesetzt worden.

Das Erdgeschofs des Laboratoriengebäudes enthält das Laboratorium für Mineral-Analyse und zwei Räume zu Boden-Untersuchungen für die Flachlands-Aufnahme. Der Hauptsaal für quantitative Untersuchungen nimmt die Südost-Ecke ein, hat doppelte Stockhöhe und wird theilweis von oben beleuchtet. Alle übrigen diesen Saal im Westen und Norden umgebenden Räume haben ein Obergeschofs über sich. In den Räumen desselben befindet sich das Probir-Laboratorium und die Versuchsstation für das Eisenhüttenwesen. Das Kellergeschofs enthält Vorrathsräume etc. und eine Wohnung für den Laboratoriendiener. Das Gebäude ist mit einem Holzcementdache bedeckt.

Das Kellergeschofs und das Erdgeschofs, bis auf die Säle für quantitative und qualitative Analyse, sind überwölbt. Diese beiden Säle und alle Räume des Obergeschosses haben Balkendecken erhalten. Die Decke des quantitativen Laboratoriums ruht auf sichtbaren Hängewerken, deren Spannbalken $6,_{30}$ m, und deren Spannriegel $8,_{25}$ m über dem Fufsboden liegen.

Der Saal für qualitative Analyse ist $5,_{6}$ m im Lichten hoch. Die Geschofshöhe der Nebenräume im Erdgeschofs beträgt $4,_{96}$ m. Alle Räume im Erdgeschofs mit Ausnahme des Verbrennungszimmers und im ersten Stock mit Ausnahme des Feuer-Laboratoriums haben Holzfufsboden erhalten.

Ganz besondere Sorgfalt wurde auf die Heizung und die mit dieser verbundene Ventilation der Laboratorienräume verwendet. Es wurde principiell und mit Rücksicht auf die geringe Ausdehnung des Baues von einer mechanischen Anlage für die Ventilation abgesehen, und ist die Ansaugung der nothwendigen frischen Luft durch eine einfache Aspiration erzielt.

Wären die Mittel für die Beschaffung eines Dampfkessels vorhanden gewesen, dann würde die Einrichtung einer Centralheizung für die ganze Bauanlage wohl empfohlen und damit die Anlage der zahlreichen Feuerstellen einer gewöhnlichen Luftheizung vermieden sein. Jetzt sind für die Heizung der Laboratorienräume die mit H und H_1 im Grundrifs des Kellergeschosses bezeichneten Caloriferen bestimmt. Es sind dies Central-Schachtöfen, von dem Eisenwerk Kaiserslautern geliefert. Die frische Luft wird denselben durch die Canäle xx und yy unter dem Kellerfufsboden zugeführt. Von den Ofenkammern steigen die Warmluftcanäle lothrecht nach den zu heizenden Räumen auf. Die Canäle für das Erdgeschofs sind in den beigefügten Plänen mit ⊠, die für den ersten Stock bestimmten mit ⧄ bezeichnet. Die erwärmte Luft tritt ziemlich nahe unter der Decke in die einzelnen Räume ein.

Bei dem quantitativen Laboratorium sind die Warmluftcanäle sogar bis zum höchsten Punkte der Decke geführt, und die warme Luft tritt hier von oben in den Raum. Es wird durch diese Einrichtung vermieden, dafs die warme Luft bei weiterem Aufwärtssteigen sich sofort an den Oberlichtfenstern der Decke abkühlt, bevor sie den unteren Raum erfüllt und zu den Absauge-Oeffnungen zurückströmt. Der Raum wird dadurch gleichmäfsig durchwärmt und die kalten Glasdeckenfenster können nur einen geringen Wärmeverlust herbeiführen. Die Absauge-Oeffnungen sind in den Grundrissen mit ⧅ bezeichnet.

Die Ventilation ist eine zweifache. Einmal werden die sämmtlichen Abdampfnischen für sich ventilirt, und zweitens sind die einzelnen Räume mit besonderen Abzügen für die verdorbene Luft versehen, da ohne eine solche Ventilation der Räume nach allen Erfahrungen die Luft der Arbeitsräume wegen Unvorsichtigkeit der Praktikanten und wegen Diffusion der Dämpfe nach einigen Stunden der Thätigkeit verunreinigt sein würde.

Zum Absaugen der verdorbenen Luft dient ein ca. 25 m hoher Aspirationsschacht A von $1,_{50}$ zu $1,_{20}$ m grofsem Querschnitt, welcher während der Winterperiode durch das in ihm aufsteigende eiserne Rauchrohr des Doppel-Calorifers H_1 erwärmt, in den Sommermonaten dagegen durch eine an seinem Fufse angebrachte Lockfeuerung auf die zur Sicherung des Abzuges der verdorbenen Luft erforderliche Temperatur geheizt wird.

Für die besondere Ventilation der Abdampfnischen dienen je zwei Abzüge. Der eine, von quadratischem Querschnitt, geht abwärts bis in die Abzüge, welche unter der Kellersohle sich allmälig zu einem gröfseren Canale vereinigen, der nach dem Aspirationsschachte geleitet ist. Der zweite Abzug, ein Rohr aus gebranntem Thon, geht aufwärts über das Dach hinaus und wird zur Beförderung des Absaugens an seinem Beginn durch eine Gasflamme gewärmt. Diese letztere Einrichtung ist erforderlich, weil durch den Aspi-

rationsschacht nicht ein so grofses Quantum Luft aus den Nischen abgesaugt wird, um die Luft in denselben hinreichend trocken zu erhalten und die Scheiben vor dem Beschlagen zu schützen, falls in einer Nische drei oder mehr Wasserbäder gleichzeitig in Betrieb sind.

Ferner läfst sich durch diese Einrichtung eine einzelne Nische benutzen, auch ohne den Aspirationschacht in Wirksamkeit zu setzen. Durch den Verschlufs der Abzugsröhren mittelst Schieber kann man das Hineinfallen von kalter Luft in den Abdampfraum verhindern, wenn die Röhre nicht geheizt wird, und ferner auch nach dem Anzünden der angebrachten Gasflammen die Luftsäule auf die zum Eintreten der aufsteigenden Zugrichtung erforderliche Temperatur bringen.

In derselben Weise wie im Hauptsaale wird auch in den Räumen für quantitative Analysen, für Boden-Untersuchungen und in dem Laboratorium des Dirigenten die Luft in der Nähe des Fufsbodens und durch die Nischen zum Aspirationsschacht gesaugt. Das Schwefelwasserstoffzimmer ist durch die Lage neben dem Schacht in Betreff der Ventilation, über die weiter unten noch das Nöthige bemerkt werden wird, besonders günstig gestellt. Dasselbe ist übrigens durch doppelten Thürverschlufs und einen kleinen Vorraum von den übrigen Räumen gehörig abgesondert.

Alle anderen Räume, welche keiner besonders starken Ventilation bedürfen, sind mit genügend grofsen Abzugsröhren versehen, die bis über das Dach hinauf geführt sind.

Während der Sommermonate ist die Richtung der allgemeinen Ventilation der grofsen Räume, um Luftströmungen zu vermeiden, eine der Winter-Ventilation gerade entgegengesetzte. Die frische kalte Luft tritt zu dieser Zeit im Fufsboden in die Räume ein und die warme wird oben unter der Decke abgesaugt. Es werden durch Stellung einer an den Heizkammern befindlichen Klappe die unter der Kellersohle liegenden Saugcanäle vom Aspirationsschachte abgesperrt und gleichzeitig mit den Canälen xx und yy, welche den Heizkammern frische Luft zuführen, in Verbindung gesetzt.

Ebenso werden die Warmluft-Oeffnungen von den Heizkammern abgeschlossen und durch Schieberöffnung mit dem Aspirationsschacht in Verbindung gebracht. Der durch die Lockfeuerung erhitzte Schacht saugt bei jeder Aufsentemperatur die verdorbene Luft fort.

Ueber den Betrieb der Heizung und der Ventilation ist nach Ablauf des ersten Jahres der Benutzung der Anlage Folgendes zu bemerken:

In diesem Jahre sind 6856 cbm Rauminhalt während 1678 Stunden innerhalb 131 Tage geheizt und ventilirt worden. Es wurden hierbei 4551 l Wasser verdampft und 1432 hl Coaks verbrannt. Es sind somit pro 100 cbm und Tag $\frac{1432 \cdot 100}{6856 \cdot 131} = 0,_{16}$ hl Coaks im Werthe von $0,_{15}$ *M.* verbraucht. Für Holz zum Anfeuern etc. wurde noch der fünfte Theil dieser Summe aufgewandt, und daher stellen sich die Gesammtkosten für Brennmaterial pro 100 cbm und Tag auf rot. $0,_{183}$ *M.*

Zur Unterhaltung der Lockfeuerung wurden in diesem Jahre 449 hl im Werthe von $426,_{76}$ *M.*, im Minimum $1,_5$ hl, im Maximum $2,_5$ hl Coaks pro Tag verbraucht.

In dem Laboratorium für quantitative Analyse beträgt der Gesammt-Querschnitt der an den Umfassungswänden liegenden Abzugs-Oeffnungen $1,_{05}$ qm.

Bei der Regulirung und Inbetriebsetzung der Anlage wurde eine mittlere Abzugsgeschwindigkeit von $1,_{05}$ m pro Secunde gemessen. Die aus dem Raume abgesogene Luftmenge betrug demnach $1,_{05} \cdot 1,_{05} \cdot 3600 = 3969$ cbm pro Stunde oder bei sechszig Praktikanten $\frac{3969}{60} = 66$ cbm pro Stunde und Kopf.

In dem Raume für qualitative Analyse, welcher einer stärkeren Ventilation bedarf, beträgt der Querschnitt der Abzugsöffnungen $0,_8$ qm, die gemessene Geschwindigkeit dagegen $1,_{10}$ m, daher ist die gesammte abziehende Luftmenge pro Stunde $1,_{10} \cdot 0,_8 \cdot 3600 = 3168$ cbm oder bei 24 Praktikanten $\frac{3168}{24} = 132$ cbm pro Stunde und Kopf.

Es beträgt ferner die Absaugung der Luft in dem Laboratorium des Dirigenten nach diesen Messungen 700 cbm pro Stunde und in dem Laboratorium für landwirthschaftliche Untersuchungen 400 cbm pro Stunde.

Bei diesen Messungen waren die Caloriferen nicht geheizt und die Aufsenluft von einer Temperatur von $+ 15^0$ C. wurde bei mäfsigem Lockfeuer lebhaft in die Räume gesogen. Es konnte daher erwartet werden, dafs der Ventilations-Effect während des Winterbetriebes bei weitem gröfser sein würde. Dies ist denn auch zutreffend das Resultat gewesen. Zur Vermehrung der Wasserverdunstung, welche von den Apparaten in den Heizkammern noch nicht genügend erreicht wurde, ist nachträglich ein kleiner Verdampfungskessel aufgestellt worden, von welchem direct Dampf in die Heizkammer geleitet wird.

Endlich wird noch erwähnt, dafs die beiden grofsen Laboratorien-Räume mit elektrisch signalisirenden Quecksilber-Thermometern versehen sind, deren Leitungen nach den an den Feuerstellen im Keller angebrachten Druckknöpfen führen. Jedes Thermometer hat zwei solcher Druckknöpfe, welche beim Drücken die Ueberschreitung resp. die Unterschreitung der Normaltemperatur unter Angabe der Zimmernummer durch Klingeln anzeigen. Die ebenfalls numerirten Regulirschieber sind im Keller zugänglich gemacht und stellbar. Der Heizer hat daher nicht nöthig, zur Controle des Wärmeeffects der Oefen seinen Posten zu verlassen.

Im Aspirationsschachte ist ein elektrisches Anemometer angebracht, dessen Leitungen ebenfalls zu einem Maximal- resp. Minimal-Druckknopf führen und so die Ueber- oder Unterschreitung der Normalgeschwindigkeit der Luft im Schachte anzeigen.

Bei der Anlage der Gasleitung wurde darauf geachtet, die Rohrweiten möglichst grofs zu wählen, um Druckverluste zu vermeiden. Die Gaszuführung ist 100 mm weit angenommen. Das Hauptrohr, aus Gufseisen, tritt unter der Kellersohle in das Gebäude und verzweigt sich sofort nach den verschiedenen Verticalsträngen.

Die Zuleitungen zu den Arbeitstischen laufen unter dem Fufsboden, und das Gas wird von unten in diese geleitet. Die Zuleitungen zu den Abdampfnischen, Wandflammen u. dgl. sind frei auf die Wandflächen gelegt.

Das grofse qualitative Laboratorium hat an der Nord- und Südgiebelwand je einen Haupthahn; die anderen grö-

ſseren Räume haben je einen und die kleineren zu je zwei einen gemeinschaftlichen Haupthahn. Diese Hähne sperren den Gaszuflufs sämmtlicher Flammen der betreffenden Räume ab. Die im Fufsboden liegenden Haupthähne werden durch eine Stellvorrichtung regulirt, welche als langer Aufsteckschlüssel construirt ist und sich in einem Postament auf einem Kreissegment bewegt. Die offene resp. geschlossene Stellung des Hahnes wird durch die Buchstaben *O* und *Z* angezeigt. Es ist dadurch eine bequeme Aufsicht über die Gasleitung erreicht.

Auch für die Wasserleitung sind möglichst grofse Rohrweiten angenommen. Ein Rohr von 63 mm Weite versorgt das Gebäude mit dem Wasser der städtischen Leitung. Alle vom Hauptrohr abgehenden Zweigrohre sind mittelst eines Schiebers oder Hahnes abzusperren. Die Lage der Rohre ist dieselbe wie bei der Gaszuleitung.

Als Abflufsröhren sind innerhalb der Laboratorien Asphaltröhren von 63 mm Weite verwendet, welche unterhalb der Kellersohle in Thonröhren münden, und diese schliefsen sich an die Grundstücks-Canalisation an. Die Abflüsse sind so geordnet, dafs die von den Laboratorien kommenden Stränge nur noch Regenrohre aufnehmen. Sie haben vor dem Anschlufs an die Canalisation Gullies mit Wasserverschlufs. Durch die Regen-Abfallröhren werden die Leitungen ventilirt, und von allen anderen Abflufsleitungen sind sie durch die Wasserverschlüsse abgesperrt.

Ueber die Leitungsstränge sind in den Geschofsfufsböden Bretter geschraubt, welche bei Reparaturen abgehoben werden können.

Die innere Einrichtung der Räume im Erdgeschofs.

Das chemische Auditorium.

Das chemische Auditorium enthält 45 amphitheatralisch angeordnete Sitzplätze. Die Tafelwand ist nach dem anstofsenden Raume, dem Präparirzimmer, $1,_{30}$ m breit durchbrochen. Die Wandöffnung ist nach beiden Seiten durch Glasfenster zu schliefsen, welche sich hoch schieben lassen, und wird durch ein Abzugsrohr ventilirt. Die bewegliche Wandtafel deckt die Oeffnung nach dem Auditorium zu.

Der Experimentirtisch ist auf Blatt 12, Figur 1 bis 7 dargestellt; er ist $5,_{15}$ m lang, $0,_{80}$ m breit und mit einer Eichenholzplatte bedeckt. Von Interesse sind die in die Platte eingelassenen messingenen Gashähne, welche beim Gebrauch aufgeklappt werden (siehe Fig. 7).

Es sind ferner in die Tischplatte eingelassen:

bei *a* eine Wasserwanne mit Wasserverschlufs,

bei *b* und *c* Gashähne für 10 resp. 5 Flammen,

bei *d* kleine Kasten mit je einem Wasser- und einem Gas-Auslafs- und Wasserabflufs,

bei *e* Röhren für Absaugung von Gasen beim Experimentiren, und

bei *f* eine Quecksilberwanne, welche auf einem Gestelle ruht, das durch Kurbeldrehung mittelst eines Hanfriemens mit der Wanne über die Tischplatte gehoben werden kann.

Die Gas- und Wasserhähne liegen sämmtlich unter der Tischplatte, dem Docenten bequem zur Hand. Im Uebrigen ist der Experimentirtisch zur Anbringung von Kästen und Schränken ausgenutzt. Die Luftabzüge sind gut wirkend.

Für ein Ausgufsbecken, Schränke und Regale zur Aufbewahrung von Chemikalien ist gesorgt.

Das quantitative Laboratorium.

Der Saalraum ist auf Blatt 12 im Querschnitt dargestellt. Seine Länge beträgt $10,_{55}$ m, seine Breite $10,_{87}$ m. Die Deckenlicht-Fenster liegen rechts und links auf den Streben der Hängewerke, und das Licht fällt theils durch Seitenfenster im Dach-Bodenraume, theils durch ein Dachoberlicht durch die Deckenfenster in den Saal. Derselbe ist dadurch an allen Stellen gleichmäfsig erhellt. Die Beleuchtung chemischer Arbeitssäle durch Oberlicht ist vorzugsweise in England allgemein angewandt. Eine solche hat, wenn nebenher noch Seitenbeleuchtung stattfindet, nicht nur keinerlei störenden Einflufs auf analytisch chemische Arbeiten, sondern ermöglicht auch eine feinere Farbenunterscheidung von Flüssigkeiten in offenen Gefäfsen mit nicht durchsichtigen Wänden, und hat vor der Seitenbeleuchtung den aufserordentlich wichtigen Vorzug, dafs selbst bei gröfseren Räumen nur eine Fensterwand nöthig ist, mithin die drei übrigen Wandseiten zu anderen Zwecken verfügbar bleiben.

So sind im vorliegenden Falle an den nicht mit Fenstern durchbrochenen Wänden des Laboratoriums an dasselbe angeschlossen: das Privat-Laboratorium des Docenten, das Waagenzimmer, das Verbrennungszimmer, ein Raum für Vorräthe und die Zimmer für Gasanalyse und Schwefelwasserstoff.

Im Saale selbst sind zahlreiche Abdampfnischen, Gashähne, Wasserpumpen, Waschapparate u. dgl. m. an den geschlossenen Wänden aufgestellt.

Der Saal ist für 60 Praktikanten berechnet, welche an 6 Tischen zu je 6 Plätzen und 6 Tischen zu je 4 Plätzen arbeiten.

Die Tische zeigen mancherlei neue Einrichtungen. Bei der Construction derselben ist vor allem darauf Gewicht gelegt, dafs der Ueberblick über sämmtliche Arbeitsplätze möglichst frei ist. Es sind deshalb nur ganz einfach gebaute offene Gestelle für Reagentien, sowie Gaslampenständer auf denselben aufgestellt.

Durch die zahlreich an den Wänden neben den Tischreihen angebrachten Abdampfnischen ist den Praktikanten bequeme Gelegenheit für die Abdampfungen gegeben.

Die Lage der Gas- und Wasserzuleitungsröhren, sowie die Anbringung des Ausgufsbeckens ist nach dem Vorbilde im Laboratorim des Polytechnikums zu Dresden angeordnet. (Siehe Blatt 12a Fig. 1 bis 5.)

Die Doppeltische bestehen aus zwei gegeneinander gestellten Hälften; inmitten derselben ist ein Lattengestell (Fig. 1) fest auf den Fufsboden geschraubt und dieses trägt Gas- und Wasserzuflufs, sowie die Gaslampen und das Ausgufsbecken an der Schmalseite des Tisches. Durch diese Construction ist jede Reparatur an den Röhren etc. bequem ausführbar. Die 10 doppelten Gashähne liegen in Folge dieser Einrichtung auf der Mitte des Tisches, wie die Aufsicht auf die Tischplatte Fig. 3 zeigt. Die Ausgufsbecken (Fig. 4 und 5) sind von Porzellan in der Königlichen Porzellan-Manufactur zu Berlin eigens gefertigt, und zwar mit Wasserverschlufs, welcher durch das Aufsetzen eines glockenähnlichen Deckels auf das mit Abflufslöchern versehene Abflufsrohr erreicht wird. Die Form des Beckens macht ungeachtet des vorhandenen starken Wasserdrucks ein Spritzen des Wassers unmöglich.

Die Tische haben für jeden Praktikanten verschliefsbare Schubladen und Schränkchen, welche von ihm mit einem Schlofs zu gleicher Zeit geöffnet resp. gechlossen werden. Die Tische sind $0,_{05}$ m hoch und haben eichene Tischplatten. Die Gröfse jedes Arbeitsplatzes beträgt $1,_{66}$ m in der Länge und $0,_{625}$ m nach der Tiefe.

Die Abdampfnischen sind $1,_{50}$ m breit, $0,_{55}$ m tief und $0,_{85}$ m hoch. Zwei Schiebefenster verschliefsen dieselben. Bl. 12a Fig. 10 und 11 zeigen die Construction in Ansicht und Durchschnitt. Auch diese Nischen sind möglichst durchsichtig gebaut, und ist von jeder Ausbildung derselben nach architektonischer Richtung Abstand genommen. Sowohl Vorder- und Seitenwände als auch die schräge Decke der Nischen sind aus Glas und die inneren Seiten sowie die Bodenplatten behufs gröfserer Helligkeit aus weifsen Kacheln hergestellt. Die Schiebefenster bewegen sich durch Gewichtsaufhängung an Hanfschnüren, welche über grofse Rollen laufen, leicht aufwärts. Die Gewichte hängen in den Seitenpfosten und sind zugängig gemacht. Die Oeffnungen der Abzugsröhren haben Rahmen aus gebranntem und glasirtem Thon erhalten, in welchem sich die Glasverschlufsschieber bewegen. Ueber die Abzugsröhren selbst ist früher bereits gesprochen.

Wenn die den Nischen zuzuführende Luft unten durch die nicht ganz geschlossene Thüröffnung einströmt, so tritt ein Flackern der auf der Platte des Digestoriums stehenden Gasbrenner ein. Für diesen Uebelstand ist im vorliegenden Falle dadurch Abhilfe gefunden, dafs der Zuflufs von frischer Luft über den Gasflammen, 28 cm über der Bodenplatte, durch Schiebervorrichtungen, ähnlich den kleinen Ventilationschiebern in den Thüren der Eisenbahnwagen, ermöglicht wird. Es sind nämlich (Fig. 6 und 7) zwei Glasplatten auf einander in Messingführungen gelegt, welche gleichzeitig die Fenstersprossen bilden. Diese Platten sind wechselnd mit $0,_{65}$ m grofsen Kreis-Oeffnungen versehen, und die äufsere Glasplatte ist mittelst kleiner eingesetzten Knöpfchen verschiebbar. Durch die Stellung dieser Aufsenplatte wird der Luftzustrom regulirt.

Aufserdem sind je vier Gasschlauchtüllen durch feste Viertelkreisstücke in die Nischen geleitet und zwar rechts und links an den unteren Ecken der Fenster-Oeffnungen. Das Schiebefenster setzt sich beim Schliefsen der Nischen mit einem entsprechenden Ausschnitt des Rahmens dicht auf die Viertelkreisstücke auf.

Die Gashähne sind aufserhalb der Nischen vor der Einleitung der Röhren in dieselben angebracht.

Neben diesen Abdampfnischen von $1,_{50}$ m Breite besitzt das Laboratorium eine solche, von $2,_{0}$ m Breite mit 6 Gashähnen, ferner Nischen, welche für Sandbäder eingerichtet sind und mit Gas geheizt werden.

Die Griffe sämmtlicher Gashähne haben die Form eines länglichen Rotations-Ellipsoids.

Der Trockenschrank für Filter wird mit Gas geheizt. Leider stand für diesen Zweck die Verwendung von Dampf nicht zur Verfügung, da, wie schon erwähnt, die Anstalt keinen Dampfkessel besitzt.

An den Wänden sind an zwei Stellen Wasserluftpumpen angelegt und ferner zwei Gebläse, eines zum Glasblasen, das andere, gröfsere, zum Glühen von Tiegeln. Beide werden durch eigens construirte Wasserstrahlpumpen betrieben.

Das qualitative Laboratorium.

Das qualitative Laboratorium schliefst sich an die Schmalseite des quantitativen Laboratoriums an. Es ist $7,_{80}$ m lang und $7,_{43}$ m breit. Zwei Arbeitstische zu je 10 Plätzen sind genau wie die oben beschriebenen eingerichtet, aufserdem befinden sich 8 Abdampfnischen von je $0,_{85}$ m Breite in diesem Laboratorium.

Der Schwefelwasserstoffraum.

Der Schwefelwasserstoffraum, in welchem alle mit diesem Gase vorzunehmenden Arbeiten ausgeführt werden müssen und von dessen abgesonderter Lage oben gesprochen ist, enthält einen grofsen Schwefelwasserstoff-Apparat und an derselben Wand 2 Digestorien und 9 Schwefelwasserstoffzellen. Blatt 12a Fig. 8 und 9 zeigen diese Zellen in der Ansicht und im Grundrifs in ihrer Verbindung mit den Digestorien.

Die Einrichtung der Zellen ist der von dem Professor H. Kolbe zu Leipzig construirten und von demselben beschriebenen Form entlehnt. Der hinter den Zellen entlang laufende Abzugscanal mündet direct in den Aspirationschacht bei x (Fig. 9) und ventilirt die Zellen im stärksten Maafse.

Gegenüber diesen Zellen steht in dem Raume ein Tisch für Filtrir-Arbeiten etc. mit den nöthigen Gas-Auslässen und einem Wasserhahn für die Luftpumpe. Aufserdem ist in dem Raume ein Waschtrog zum Reinigen der Geräthe angebracht.

Der Raum für Gas-Analyse und der Dunkelraum.

Neben dem Schefelwasserstoffzimmer liegt, nach Norden gerichtet, das Zimmer für die Gas-Analysen. Abweichend von den übrigen Räumen hat dasselbe einen sorgfältig dicht gelegten Parquetboden, um etwa verschüttetes Quecksilber zu sammeln, und dienen Doppelfenster dazu, die Temperatur in dem Raume auf gleicher Höhe zu erhalten.

In derselben Axenrichtung mit diesem Zimmer liegt auch der Dunkelraum, welcher durch einen Vorraum von dem Zimmer für Vorräthe abgetrennt ist und für die Spectral-Analyse benutzt werden soll.

Neben dem quantitativen Laboratorium und von diesem direct zugängig befinden sich auf der Westseite noch die nachfolgend genannten Räume:

Der Verbrennungsraum.

In diesem Raume ist ein Tisch von $3,_{70}$ m Länge und $0,_{95}$ m Breite aufgestellt. Derselbe hat eine Platte von Schiefer und ist mit vier grofsen drehbaren Gashähnen und zwei gewöhnlichen Schlauchhähnen versehen. Ueber dem Tisch ist ein Rauchfang aus gewelltem Zinkblech angebracht und von seinem höchsten Punkte nach einem 25 cm weiten Schornsteinrohr ventilirt. Es sollen hierdurch die Verbrennungs-Producte des Gases und die durch die Verbrennungs-Oefen erhitzte Luft fortgeführt werden.

Das Waagenzimmer.

In demselben sind 9 Tische für Waagen, je $1,_{0}$ m lang und $0,_{550}$ m breit, aus polirtem Eichenholz auf schmiedeeisernen Consolen an den Wänden angebracht. In der Mitte des Zimmers sind drei Tische für die Benutzung beim Notiren von Beobachtungen aufgestellt.

Das Privat-Laboratorium des Dirigenten.

Der Dirigent des Laboratoriums hat einen zweifenstrigen Raum für seine Untersuchungen, welcher einerseits

sich an das Waagenzimmer anschliefst, auf der anderen Seite aber in ein Arbeits- oder Sprechzimmer führt; dieses Arbeitszimmer ist auch vom Eintrittsflur direct zugängig.

In dem Privat-Laboratorium stehen zwei Arbeitstische, $3,_{20}$ m lang und $1,_{20}$ m breit, von derselben Einrichtung, wie die früher beschriebenen, nur sind diese Tische reichlicher mit Wasser- und Gashähnen ausgestattet.

Die Abdampfnischen von $1,_{50}$ und $2,_{0}$ m Länge sind so eingerichtet, dafs die Schiebefenster ohne Zwischenpfosten sich in einander schieben und nach dem Oeffnen die ganze Oeffnung zur Benutzung frei lassen. Im Uebrigen sind in diesem Laboratorium für alle vorkommenden Arbeiten entsprechende Einrichtungen getroffen.

Die innere Einrichtung in den Räumen des 1. Stocks.

Das Probir-Laboratorium.

Im ersten Stock sind zwei Räume als Probir-Laboratorien eingerichtet.

Der erste dieser Räume, für Eisenprobirkunst, enthält drei Arbeitstische von $6,_{0}$ m Länge, $1,_{0}$ m Breite, zu je 18 Plätzen von $0,_{60}$ m Breite. Jeder Arbeitsplatz hat einen Gasauslafs und einen verschliefsbaren Schubkasten, jeder Tisch ein Porzellan-Ausgufsbecken mit Wasserhahn. — Ferner sind in diesem Raume 6 Abdampfnischen von der früher beschriebenen Construction und 2 Schränke, welche 54 kleinere Schränkchen zum Aufbewahren der Büretten und Filtirgestelle enthalten.

Der zweite Raum, für Löthrohrprobiren und Maafs-Analyse bestimmt, enthält zwei Arbeitstische der vorbeschriebenen Einrichtung für 32 Arbeitsplätze, eine Abdampfnische von $2,_{0}$ m Länge und den Gay-Lussac'schen Silberprobir-Apparat, aufserdem Schränke für Reagentien, Löthrohrgeräthe und Glassachen. (Bl 12a Fig. 12.)

Das Waagenzimmer.

Dasselbe ist zwischen den beiden vorgenannten Räumen belegen und durch einen Corridor, der jene verbindet, isolirt. Es hat 10 Waagentische an den Wänden, wie sie für das Waagenzimmer des Erdgeschosses beschrieben worden sind, und einen gröfseren Tisch in der Mitte des Zimmers. In ihm sind 5 Vorwaagen, 2 Löthrohrprobirwaagen, 1 Kornwaage, 2 chemische Waagen und 2 Bügelwaagen vorhanden.

Das Feuerproben-Laboratorium.

In dem Feuerproben-Laboratorium, von welchem Fig. 1 Bl. 13 den Grundrifs in gröfserem Maafsstabe giebt, sind eine Reihe von Oefen aufgestellt und zwar:

a) zwei Münzöfen (Muffelöfen), der eine ein Perrot'scher Gasofen, der andere ein französisches thönernes Oefchen für Holzkohlenfeuerung. Vor diesen beiden steht ein Perrot'scher Gaswindofen, von welchem Fig. 2 auf Bl. 13 einen Verticalschnitt in gröfserem Maafsstabe zeigt;

b) ein Münzofen für Holzkohlenfeuerung, mit eisernem Mantel und Thonfutter (Fig. 3 auf Bl. 13.)

c) zwei grofse Steinkohlenmuffelöfen, der eine mit gröfserer, der andere mit kleinerer Muffel und die Dimensionen des letzteren mit einem Ringe umgeben. Im Aschenfall stehen wie bei den Windöfen die eisernen Wagen;

d) drei Windöfen für Eisen-, Kupfer- und Bleiproben von gleichem Durchmesser (34 cm) und resp. $35,_{5}$ cm, 26 cm und 20 cm hoch. Die Schornsteinhöhe ist $10,_{0}$ m. Die eisernen Cylinder sind mit feuerfester Masse ausgefüttert, im Aschenfall stehen aus Eisen construirte Wagen zur Aufnahme der Asche, von denen weiter die Rede sein wird;

e) ein gröfserer Gasmuffelofen von der Societé genevoise pour la construction d'instruments de physique à Génève mit Gaszutritt im Boden, desgleichen

f) ein kleiner Selfströmofen mit Trittgebläsekasten.

Aufserdem stehen 2 zur Arbeit bei sehr hoher Temperatur eingerichtete Probirschmelzöfen mit Gebläse in der mechanischen Werkstatt der Anstalt, welche im Kellergeschofs des Hauptgebäudes eingerichtet ist.

In dem Raum des Feuer-Laboratoriums befindet sich ferner zwischen den Münzöfen ein Digestorium für Goldproben mit Stativ für 6 Gasbrenner; gegenüber ein Apparat von Mürrle in Pforzheim in zwei durch eine verticale Scheidewand getrennten Abtheilungen, die eine für ein gewöhnliches direct befeuertes Sandbad, die andere für eine Destillirblase mit Wasserbädern, und daranschliefsend ein Dampftrockenkasten mit Vorrichtung zur Erzeugung von destillirtem Wasser.

Ein zweiter Trockenkasten neben dem Sandbad wird mit Gas geheizt; es geht aber auch das Rauchrohr der Sandbadfeuerung durch denselben.

Von den zwei für das Laboratorium projectirten Ambostischen ist erst einer ausgeführt und im Betriebe. Derselbe hat eine Eisenplatte und zwei bewegliche Ambose. Darunter ist ein Fach für Geräthe zum Aufschlagen der Proben. Zu unterst stehen ebenfalls eiserne Wagen, wie in den Aschenfällen der Oefen. Diese Wagen dienen zum Transport des Brennmaterials aus dem Kellerraume, aus welchem sie mittelst eines Aufzuges, der in der Ecke des Laboratoriums vorhanden ist, emporgehoben, und auf welchem die später mit Asche gefüllten Wagen wieder hinuntergeschafft werden. In der Mitte des Raumes steht ein Probentisch mit einer Schiefertafel bedeckt und mit 12 Bunsen'schen Brennern. Schränke dienen für das Aufbewahren von Reagentien, Probirgefäfsen und Probirmaterialien (Erze, Brennstoffe etc.).

Der Raum neben dem Feuer-Laboratorium enthält ein Digestorium für Leuchtgasheizung und den Schwefelwasserstoff-Entwickelungsbehälter. Räume für die Zubereitung des Probirgutes u. s. w. befinden sich in dem durch den Aufzug zugängigen Souterrain.

Studien über die Gestaltung der Sandküsten und die Anlage der Seehäfen im Sandgebiet.

(Schlufs.)

5. Capitel. Rücksichtnahme auf Wind und Wellen.

§. 28. Die Form der Häfen im Allgemeinen.

Im vorigen Capitel wurden vorzugsweise diejenigen durch künstliche Mittel hergestellten Häfen besprochen, welche mit künstlicher Spülung offen gehalten werden. Es ergab sich, dafs dieselben ihrem ganzen Wesen nach sehr viel Aehnlichkeit haben mit den an der Mündung natürlicher Flüsse gelegenen Häfen, ja dafs die schlauchartige Form

des Aufsenhafens in gewissem Sinne die Flufsmündung repräsentirt.

Eine wesentliche Verschiedenheit zeigen diejenigen natürlichen und künstlichen Häfen, bei welchen als Hauptmoment ihrer Existenz nicht die Erhaltung der Einfahrtstiefe vorangestellt ist, sondern vielmehr die Rücksichtnahmen auf Schutz vor dem Seegang und auf das sichere, bequeme Einlaufen.

An Felsküsten, wo sich sehr oft geräumige Buchten, die nur in geringem Grade der Versandung ausgesetzt sind, finden lassen, genügen zuweilen sehr unbedeutende Arbeiten, um den Wellenschlag, wenn er nicht bereits durch vorgelegene Klippenreihen geschwächt ist, soweit abzutödten, dafs die Bucht als sicherer Liegehafen für alle Zwecke ausgebeutet werden kann. Oefters ist es blos erforderlich, einige Felsen wegzusprengen, welche den Zugangscanal beengen, oder es genügt schon, denselben durch Seezeichen kenntlich zu machen. Oft auch zeigt sich die Nothwendigkeit, den zwar vorhandenen, aber nicht ausreichenden Schutz zu vermehren, entweder dadurch, dafs eine der beiden die Bucht abschliefsenden Vorsprünge durch Vorbau eines Dammes in Richtung der Mündungssehne der anderen mehr genähert wird (La Ciotat), oder dafs von beiden Seiten aus derartige Dämme vorgebaut werden (Genua, Holyhead), oder endlich, dafs, etwa auf vorhandenem natürlichen Felsen fundirt, in der Mitte der Mündungssehne ein isolirter Wellenbrecher angelegt wird (Saint-Jean-de-Luz). Die Richtung dieser Schutzwälle ist, wenn möglich, derart zu wählen, dafs nicht nur die, directen Wellenschlag verursachenden Stürme, sondern auch diejenigen Winde, welche Widerprall durch die Quaimauern hervorrufen würden, abgehalten werden.

Ist die Bucht sehr grofs, so genügt es wohl auch, nur einen Theil derselben für die Hafenanlage zu benutzen. Wenn gleichzeitig die Wandermaterialien nur gering an Menge und durch Baggerung leicht zu beseitigen sind, so hat man auch wohl den Wellenbrecher parallel zum Uferrande gebaut und nur durch Querdämme mit demselben verbunden (Marseille, Triest). Diese Querdämme, Lademolen, die den Zwischenraum zwischen dem Uferrande und dem Damm in mehrere bassinartige Theile zerlegen, sind mit Lücken versehen, welche die Verbindung unter einander ermöglichen. Durch Vorspringen des Wellenbrechers über den letzten Querdamm wird hierbei der Vorhafen gebildet.

Ist endlich die Küste glattgestreckt ohne natürliche Einbuchtung, so kann eine Bucht künstlich dadurch geschaffen werden, dafs zwei Molen, deren landseitige Enden in gröfserem Abstande von einander liegen, die Hafenfläche umschliefsen, wobei ihre seeseitigen Enden die Einfahrt entweder direct zwischen sich fassen (Ramsgate, Kingstown, Ymuiden), oder zwei Einfahrten dadurch bilden, dafs ein isolirter Wellenbrecher zwischen oder vor den Molenköpfen, welche dann weiter von einander entfernt sein müssen, angelegt wird (Cette, Boulogne). Sowohl bei diesen künstlichen als bei den natürlichen Bassinhäfen ist das Bassin entweder nur Aufsenhafen oder auch Vor-, ja sogar Innenhafen. Im ersten Fall erhält wohl zuweilen der Vorhafen, in welchen die Docks münden, besondere Molen (Ymuiden, Project für Scheveningen) für den Schutz der Einfahrt. Im zweiten Fall münden die Docks direct in das Bassin (Ramsgate); oder es werden Landebrücken vom Ufer aus in dasselbe eingebaut (Neubauten von Genua und Boulogne).

Bei künstlichen Bassinhäfen ist die Form der Hafendämme sehr wichtig für die Geschwindigkeit, mit welcher die bei flachen Sandküsten unvermeidliche Vorwanderung des Strandes erfolgt und für die Grenzen der Wirkungsphäre dieser Vorwanderung, wie im 2. Capitel näher nachgewiesen wurde. Auch die Rücksichtnahme auf den Wellenschlag ist von Einflufs auf die Form. Man mufs einspringende Ecken und gegen das Meer zu concave Curven vermeiden, um den Angriff in der Mitte nicht zu vergröfsern und die Aufkabbelung der See durch Interferenz der directen mit den reflectirten Wellen zu verhindern. Sogar lange Graden können in dieser Beziehung gefährlich werden, besonders in der Nähe der Einfahrt, weshalb eine convexe Krümmung, zum mindesten nach der Seite, von welcher der Seegang am heftigsten kommt, meist zu empfehlen ist.

Eine rasche Erweiterung der Hafenbreite unmittelbar hinter der Einfahrt ist bei dieser Anordnung stets erforderlich. Denn gerade hierin liegt das Charakteristische und der Hauptvorzug, welchen die Bassinhäfen gewähren. Die rasche Ausbreitung der Wellen vermindert in demselben Maafse ihre Höhe und damit die Gefahr des Seegangs. In gleicher Weise nimmt die Sicherheit der einfahrenden Schiffe um so mehr zu, je gröfser, dicht hinter der Einfahrt, der Spielraum für ihre Manöver ist.

Das Hauptmoment, welches bei Hafenanlagen für die Wahl der Bassinform spricht, ist also die Rücksichtnahme auf den Schutz vor Wellen und Wind. Im classischen Alterthum und im Mittelalter war dies Bedürfnifs weit mehr maafsgebend als die Rücksicht auf Erhaltung der Tiefe, da die damaligen Seefahrzeuge vorzugsweise der Küstenschifffahrt dienten und nur geringen Tiefgang hatten. Erst die grofsartigen Entdeckungsreisen der beginnenden Reformationszeit hatten allerwärts das Verlangen zur Folge, gröfsere seetüchtige Schiffe zu bauen, deren Tiefgang bedeutender sein mufste, weshalb man auch auf die Erhaltung der Tiefe in der Hafenmündung gröfseren Werth legte. Während daher im Alterthum und Mittelalter die Bassinform mit Vorliebe für künstliche Hafenanlagen angewandt wurde, überwog seit dem Jahrhundert der Entdeckungen mehr und mehr die Schlauchform. Das Erfordernifs, den Spülstrom möglichst lange concentrirt zu halten, führte, besonders nachdem die Erfindung der Schleusen die Einführung künstlicher Spülungen ermöglichte, zur Wahl der Schlauchform auch an solchen Stellen der Küste, wo eine natürliche Spülung sich nicht beschaffen liefs. Die Verbesserung der Baggermaschinen, vor allem die Verwendung von Dampfbaggern, befreit neuerdings einigermaafsen von dem Zwange, aus Rücksicht auf die Erhaltung der Einfahrtstiefe eine Hafenform vorzuziehen, welche in jeder anderen Beziehung der Bassinform nachsteht.

Wenn es möglich ist, wie im vorigen Capitel angedeutet wurde, durch anderweite Anordnung der Spülungen deren Wirkung in erheblichem Maafse zu verstärken, so wird daher aufserdem anzustreben sein, diese verstärkte Spülung grade bei Bassinhäfen in Anwendung zu bringen, um beiden Grundbedingungen, Sicherung der Einfahrtstiefe und Sicherung vor Wind und Wellen, in gleichem Maafse zu genügen.

§. 29. Form und Richtung der Hafenmündungen mit Rücksicht auf das Einlaufen der Schiffe. — Schlauchhäfen.

Die drei Haupterfordernisse eines guten Aufsenhafens, Schutz gegen Wellenschlag, Sicherung des Einlaufs, Führung des Spülstroms, sind natürlich nicht allein auf die Wahl der Grundform von wesentlichem Einflufs, sondern ebenso wichtig auch für die specielle Anordnung, besonders der Hafenmündung. Sobald das Vorwiegen des Bestrebens, die Einfahrtstiefe zu sichern, zur Wahl einer schlauchartigen Form geführt hat, zur Anlage eines Hafens mit annähernd parallelen Molen, wird durch die Berücksichtigung der beiden andern Bedingungen die Grundrifsgestaltung des Schlauchs, vor allem die Lage seiner Mündung gegen die herrschenden Winde, die stärksten Stürme und Strömungen vorwiegend beeinflufst.

Was speciell die Anforderung anbelangt, dafs das Einlaufen der Schiffe, sowie ihr Auslauf jederzeit leicht und sicher stattfinden müssen, so ist die Rücksichtnahme auf den Einlauf weit wichtiger als die auf das Ausgehen. Letzteres steht mehr im Belieben der Schiffer als der Einlauf, für den, besonders in Häfen, welche eine ungünstige Rhede und nur kurze Hochwasserdauer haben, die Zeit, während deren er einzig stattfinden kann, oft höchst kurz und beschränkt ist. Manche Häfen, Noth-, Schutz- oder Zufluchtshäfen genannt, müssen jederzeit zugänglich sein und gerade bei den stärksten Stürmen sicheren Einlauf ermöglichen, während gröfsere Handelshäfen meistens geschützte Rheden haben oder doch solche Ankerplätze, welche den Schiffen gestatten, die hohe See zu gewinnen, bevor ein Sturm kommt, der ihnen die Nähe der Küste gefährlich machen könnte. Die meisten Vorhäfen und Hafeneinfahrten im Tidegebiet weisen bei Niedrigwasser solch kleine Tiefen auf, dafs sie als Zufluchtshäfen doch nicht dienen können, so dafs auf ihre Zugänglichkeit zur Zeit der stärksten Stürme geringere Rücksicht zu nehmen ist. Hierher sind fast alle wichtigen Handelshäfen der Flachküsten zu rechnen, deren Lage sich durch commercielle Gesichtspunkte bestimmt, und die oft schon existenzfähig sind, wenn ihr Vorhafen auch nur während weniger Stunden täglich angelaufen werden kann.

Es ist alsdann die Rücksichtnahme auf die herrschenden Winde, deren Richtung meist mit jener der stärksten Stürme keineswegs zusammenfällt, um so mehr maafsgebend. Wünschenswerth erscheint, dafs der Wind, welcher die Schiffe vor den Hafen bringt, sie auch in den Aufsenhafen zu bringen vermag. Da nun aber gutgebaute Segler noch recht wohl unter 6 Strich, also 60 bis 70° am Wind segeln können, so dürfte, streng genommen, die Richtung, in welcher der Einlauf erfolgen mufs, der Windrichtung entgegen nicht innerhalb des durch 2 mal 6 Strich bestimmten Winkels liegen. Von dem Vollkreis gingen fast 2 Quadranten verloren. Wenn die herrschende Windrichtung z. B. die westsüdwestliche ist, so würde die Windrose zwischen N. N. W. und S. z. O. unbenutzbar sein.

Die Axe der Einfahrt in die herrschende Windrichtung so zu legen, dafs die Schiffe vor dem Wind einsegeln, empfiehlt sich andererseits aus mehrfachen schwerwiegenden Gründen ebenfalls nicht. Der einzige Vortheil, den man damit erreicht, der bequeme Einlauf, darf überdies durchaus nicht überschätzt werden. Erstens können die guten Segelschiffe weit am Winde fahren, und wenn das Fahrwasser breit genug ist, durch Laviren den Einlauf bewirken, — zweitens, sollte die Hafeneinfahrt hierfür zu eng sein, wie bei Schlauchhäfen meistens der Fall, so kann dem Schiffe von den Molen aus geholfen werden, indem es dicht an den unterm Wind liegenden Molenkopf heransegelt, dort beidreht und durch Trossen in den Hafen sich selbst verholt, — drittens hat die Einführung der Dampfschifffahrt die Rücksichten, welche für die Segelfahrzeuge immerhin noch von Bedeutung waren, fast ganz bedeutungslos gemacht, mindestens für grofse und mittelgrofse Häfen, in welchen stets mehrere Remorqueure bereit sind, die ankommenden Schiffe einzuschleppen, soweit dieselben nicht aus eigener Kraft den Einlauf rasch und sicher bewirken können. Hierzu kommt, dafs die Zahl der Dampfschiffe derjenigen der Segelfahrzeuge, wenigstens für lange Fahrt, immer näher rückt, und dafs der regelmäfsige Dienst zwischen bestimmten Orten, für welchen der ungehinderte Einlauf am wichtigsten ist, fast ausschliefslich durch Dampfer besorgt wird.

Die schwerwiegenden Gründe, welche direct gegen die Anordnung des Mündungsschlauches in Richtung der herrschenden Winde sprechen, sind hauptsächlich folgende: 1) Die einsegelnden Schiffe kommen mit zu grofser Geschwindigkeit in den Vorhafen, wenn man dem Aufsenhafen nicht übermäfsige Länge giebt. 2) Die Aussegelung wird erschwert, bei stärkeren Winden sogar unmöglich gemacht. 3) Der Wellenschlag tritt mit voller Kraft in den Vorhafen. 4) Der Austritt des Spülstroms wird behindert, was seine Schwächung und Wirkungslosigkeit zur Folge hat.

Man hat zwar mehrfach künstliche Mittel in Anwendung gebracht, die Geschwindigkeit der einlaufenden Fahrzeuge zu vermindern, quergespannte Ketten, gegen welche dieselben anprallen oder an denen sie sich durch Anker festhalten, Auswerfen von Ankern in die Sohle der Einfahrt u. s. w. Aber da die Lage der Mündung in Richtung der herrschenden Winde nur von secundärem Vortheil ist, die Nachtheile, welche eine derartige Disposition mit sich bringt, dagegen primär beachtet werden müssen, so sieht man besser davon ab, wie dies auch bei der gröfsten Zahl der wirklichen Ausführungen thatsächlich geschehen ist.

Zuweilen haben die im Uebrigen parallelen Molen an der Mündung eine trichterartige Erweiterung erhalten, um die Einsegelung zu erleichtern. Dafs dies für die Spülkraft des ausgehenden Stromes ebenso nachtheilig ist, wie für die Abstillung des Seegangs, braucht nicht näher erörtert zu werden.

Eine der beiden Molen länger zu machen als die andere, erscheint in den meisten Fällen von zweifelhaftem Werth; doch sprechen hierbei die localen Verhältnisse das wichtigste Wort. Verlängert man die nach Richtung der stärksten Stürme gelegene Mole, so müssen die einlaufenden Schiffe gerade in der gefährlichsten Zeit und am gefährlichsten Orte ihren Curs ändern, wodurch bei ungeschicktem Manövriren leicht Collisionen an dem kürzeren Hafendamm herbeigeführt werden. Macht man dagegen, wie z. B. in Cherbourg am Handelshafen geschehen, die sturmseitige Mole kürzer, so liegt die Gefahr nahe, dafs die Fahrzeuge gegen den längeren Hafendamm getrieben werden. In Boulogne (alter Hafen) ist die nach der herrschenden Windrichtung zu liegende Mole kürzer als die gegenüberliegende. Die in demselben

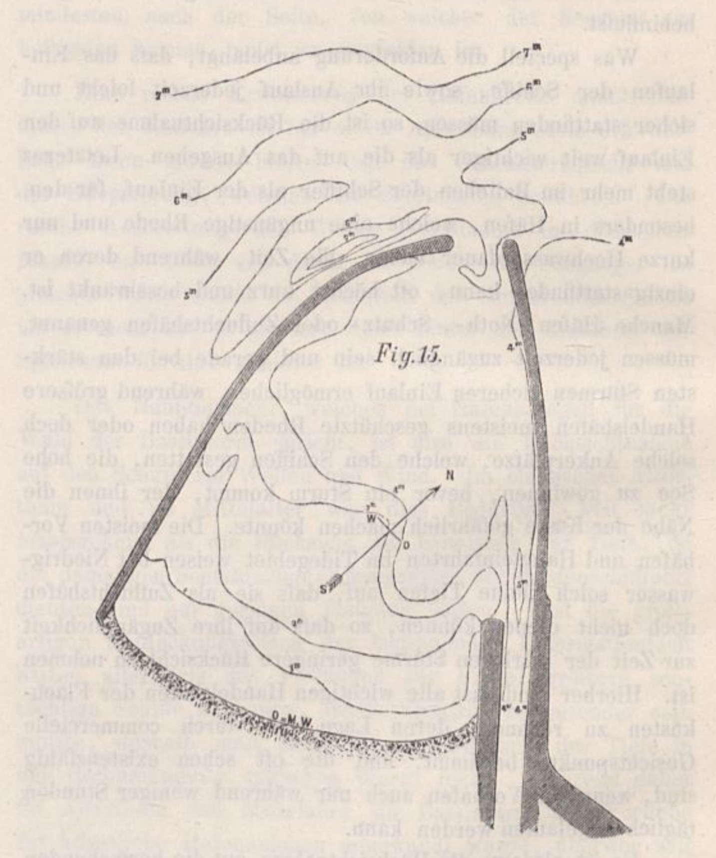
Sinne wirkende Strömung und der in den Hafen gehende Widerstrom, welcher an der längeren Mole sich bildet, erleichtert den Schiffen ihren Einlauf. In Calais, wo bei ähnlichen Verhältnissen die Hafendämme gleiche Länge haben, fahren öfters die Schiffe gegen die vom Winde abliegende Mole. Für die strahlartige Zusammenfassung des Spülstroms ist eine ungleiche Länge der Molen stets nachtheilig.

Die Einwirkung der Strömungen darf keineswegs aufser Acht gelassen werden, besonders wenn sehr lange, tiefgehende Schiffe, die nur zur Zeit des höchsten Wasserstandes einlaufen können, im Hafen verkehren. Die Fluthströmung, welche um diese Zeit im offenen Meere am stärksten ist, tritt in Folge localer Verhältnisse zuweilen (z. B. la verhaule bei Le Havre) auch vor der Hafenmündung während des Hochwasserstandes heftig auf. Wenn dieselbe einen rechten oder einen hiervon nicht viel abweichenden Winkel mit dem Einfahrtsschlauche einschliefst, so wird das Schiff, sobald sein Vordertheil durch die Molen geschützt, das Hinterschiff aber noch der Strömung ausgesetzt ist, gedreht und kann eventuell sogar zum Scheitern in der Mündung kommen, besonders in einem schmalen Schlauch (Colbergermünde). Von diesem Gesichtspunkte aus erscheint es wünschenswerth, die Richtung der Einfahrt nicht gerade senkrecht zur Richtung des Küstenstromes, bezw. der Tideströmungen zu machen. Diese Rücksicht fällt hauptsächlich dann ins Gewicht, wenn der Aufsenhafen nur kurz ist, so dafs die einlaufenden Schiffe schon vor Erreichung der Mündung ihre Geschwindigkeit erheblich mäfsigen müssen (Wilhelmshaven).

§. 30. Form und Richtung der Hafenmündungen mit Rücksicht auf das Einlaufen der Schiffe. — Bassinhäfen.

Die Bestimmung einer richtigen Lage der Hafenaxe ist bei Bassinhäfen weit weniger an jene engen Grenzen gebunden. Nur ausnahmsweise haben künstliche Bassinhäfen zwei Einfahrten erhalten (z. B. Cette, Boulogne), da man mit Recht die hierdurch veranlafste Unruhe im Bassin und die stärkere Versandung desselben befürchtet. Der Einlauf ist ohnehin in verschiedenen Richtungen möglich, wenn die Molen nur dicht hinter der Mündung rasch genug sich erweitern und die Mündung breit genug gemacht wird, um das Einlaufen schräg zur Hafenaxe zu gestatten.

Oefters bilden daher die Molen beiderseits der Einfahrt eine gerade Linie. Bei Boulogne (neuer Hafen) wird zu diesem Zweck der Wellenbrecher mit dem Seeende der Südmole gleich gerichtet angelegt. In Stolpmünde ist wenigstens nach Westen zu freier Einlauf möglich, da das Seeende der Westmole senkrecht zur Richtung der Ostmole geneigt ist. Für Scheveningen hat Oberingenieur Dirks vorgeschlagen, den eigentlichen Hafendamm parallel zur Küste anzuordnen und die Mündung in seine Mitte zu legen. Der Verfasser des letztgenannten Projectes giebt übrigens selbst zu, dafs man hierdurch vor dem ganzen Damm und speciell vor der Mündung kabbelige See erzeugt, da alle Wellen, welche nicht senkrecht zur Küste gehen, reflectirt werden und bei der Interferenz mit den nachfolgenden Wellen zur Umwandelung des Wasserspiegels in ein weites Feld scharf eingeschnittener rhombischer Mulden und hochaufspritzender Wellenspitzen Anlafs geben müssen. Wiewohl Dirks diesem Umstand keine grofse Bedeutung beilegen zu sollen glaubt, wurde doch von anderen holländischen Ingenieuren, besonders von Oberingenieur Waldorp, schon aus diesem Grunde sein Vorschlag für unannehmbar erklärt. Auch würde bei der Ausführung jenes Projectes die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sein, dafs beim Beginne der Vorwanderung der Küstensände die beiderseits der Mündung sich ausbildenden Bänke eine ähnliche Wirkung hervorbrächten, als convergirten die Seeenden der Molen gegen einander concav zur See, was wiederum zur Folge hätte, dafs gerade in der Einfahrtsrinne die Wellenspitzen noch höher sich aufthürmen und die See noch unruhiger machen müfsten, besonders wenn der Seegang senkrecht zum Hafenmunde gerichtet ist, ähnlich wie in einem parabolischen Brennspiegel die parallel zur Axe einfallenden Strahlen nach dem Brennpunkte geworfen werden.


Fig. 15.

Wenn also einerseits erhebliche Gründe dagegen sprechen, die Seeenden in eine gerade Linie zu legen, so ist auch andererseits aus den früher angeführten Gründen für Dampfschiffe und für Segler, welche durch Remorqueure eingeschleppt werden, kurz für den modernen Schifffahrtsbetrieb die allzu ängstliche Rücksichtnahme auf Ermöglichung des Einlaufs aus den verschiedensten Richtungen weniger erforderlich. Zudem wird in den meisten Fällen es kaum möglich sein, wenn man nicht übermäfsige Kosten aufwenden will, das ganze Bassin tief genug für das Manövriren der Schiffe an allen Stellen zu halten, wie die Beispiele von Ramsgate und Ymuiden beweisen. Von diesem Gesichtspunkte aus würde es also gestattet sein, die Neigung der Molenenden sehr spitz zu machen, vielleicht sogar bis unter 90° herunterzugehen.

Wenn sich ein Mittel finden liefse, den Wellenschlag dicht hinter der Mündung abzustillen, so dafs die im Folgenden zu erörternden Anforderungen für die Erhaltung der Ruhe befriedigt werden könnten, so wäre eine derartige

spitze Neigung der den Aufsenhafen begrenzenden Molen unbedenklich.

§. 31. Form und Richtung der Hafenmündungen mit Rücksicht auf die Beruhigung des Seegangs.

Schon im Früheren wurde angeführt, dafs die Rücksichtnahme auf Beruhigung des Seegangs stets gegen die Anordnung der Hafenmündung in Richtung der herrschenden Winde spricht. Bei der Neuanlage des Hafens Rügenwaldermünde (Fig. 15) war ursprünglich gerade dieser Umstand besonders betont und als vorzugsweise maafsgebend angesehen worden. Die Küste streicht dort annähernd von W. S. W. nach O. N. O.; die herrschenden Winde kommen von der Westseite, zwischen den Herbst- und Frühjahrs-Aequinoctien mehr aus der südlichen, im Sommer und Frühherbst mehr aus der nördlichen Hälfte derselben; die herrschenden Stürme kommen von N. O. Man hatte anfangs die Absicht, die Hafenmündung in den Kreisabschnitt zwischen N. N. W. und N. N. O. zu legen, etwa nach N. z. W. oder Nord. Jedoch befürchtete man andererseits, der Spülstrom, welcher längs der Ostmole ausgeht, möchte durch den Westmolenkopf irritirt, geschwächt und abgelenkt werden, so dafs eine Schwenkung der Mündungsaxe bis nach N. W. vorgezogen wurde. Man verhehlte sich hierbei nicht, dafs sowohl die Ansegelung als das Auslaufen der Schiffe durch diese Aenderung erschwert würden, sowie dafs der Seegang bei W. N. W.- und N. W.-Winden, also bei den vorherrschenden Seewinden, erheblich kräftiger in den Hafen gelangen mufs. Dagegen wurde geltend gemacht, dafs die nordwestliche, mit Rücksicht auf die herrschenden Stürme, der nördlichen Lage vorzuziehen sei, weil dieselben den gefährlichsten Seegang meist aus jener Richtung herbeiführen, in welcher das Meer seine gröfste Ausdehnung hat, in diesem Fall aus N. z. O.

Hierbei ist zu beachten, wie der specielle Zweck des Aufsenhafens[1]) auf die Wahl der Richtung von Einflufs sein mufs. Soll der Aufsenhafen den einlaufenden Schiffen nur Raum zur Ausführung ihrer Manöver in geschütztem Wasser geben, so ist der Schutz gegen den schwächeren, aber häufig eintretenden Seegang, welchen die herrschenden Winde veranlassen, wichtiger als der Schutz gegen den starken Seegang der seltener eintretenden Stürme aus der Sturmseite. Sollen dagegen im Aufsenhafen direct Ladeoperationen vorgenommen werden, wie dies für Boulogne beabsichtigt wird, so überwiegt das Princip, selbst auf Kosten dauernder Unruhe, sehr kräftige momentane Bewegungen fern zu halten. Man wird natürlich im ersten Falle genöthigt sein, die weiter zurück liegenden inneren Hafentheile durch besondere secundäre Molen zu schützen, entweder so wie in Marseille[2]) oder so wie in Ymuiden geschehen ist, wo ebenfalls die Hafenmündung in Richtung der herrschenden Winde liegt, so dafs während des gröfsten Theiles des Jahres das Aufsenbassin nicht in Ruhe kommen kann.

Manche schlauchartige Hafenmündungen biegen ihren Schlauch am Seeende mit sanfter Krümmung von der Sturmrichtung ab; hier mufs vor Allem Swinemünde erwähnt werden, wo dies in ganz besonders scharf ausgesprochener Weise geschieht, da die Hafenmündung fast parallel zur Küste umgebogen ist. Bei einer solchen Anlage ist jedoch eine Verlängerung der Molen, wozu die fortschreitende Vorwanderung des Strandes mit der Zeit nöthigen könnte, äufserst schwierig. Der Erbauer hatte die Absicht, in diesem Fall „nicht die jetzige Richtung der Werke beizubehalten, sondern in einiger Entfernung eine neue Serpentine, deren concaver Theil am westlichen Damm liegt, und deren Mündung mehr nach N. N. O. ausgeht, zu bilden.“ Hagen hält diesen Vorschlag für unausführbar, weil während des Baues der Molenverlängerung die grofse Schifffahrt vollkommen pausiren müfste. Auch nach Ueberwindung des Zwischenstadiums wird aber bei jedem lebhaften Seegang ein in dieser Weise doppelt gekrümmter Schlauch fast unpassirbar sein, da sich durch die mehrfache Reflexion der eingetriebenen Wellen in seiner ganzen Länge eine in solchem Maafse kabbelige See bilden würde, dafs die Steuerfähigkeit der Fahrzeuge sehr beeinträchtigt wäre. Uebrigens müfsten die Krümmungsradien sehr grofs sein, wenn, auch bei günstiger See, die langen Eisenschiffe einlaufen sollten.

Die sehr bedeutende Länge der transatlantischen Dampfer kann überhaupt die Anlage scharf gekrümmter Schläuche verbieten, falls denselben nicht übermäfsige Breiten gegeben werden. In Saint-Nazaire sah man sich genöthigt, die Molen umzubauen, weil fortwährend Beschädigungen der Transatlantics und der Molen selbst vorkamen. Die westliche Mole wurde geradlinig verlängert, so dafs die Dampfer sich an dieselbe anlehnen und um sie herum schwenken können, zu welchem Zweck die Ostmole, welche früher parallel mit der anderen nach Westen gekrümmt war, theilweise abgebrochen und senkrecht zum Schleusenhaupt verlängert werden mufste.

Die Anforderungen für die Richtung der Hafenmündungen, welche von den verschiedenen Gesichtspunkten aus erhoben werden, widersprechen sich theilweise derart, dafs es wohl niemals möglich sein wird, allen zu genügen. Ganz besonders ist dies bei schlauchartigen Häfen der Fall, während die Bassinform gröfsere Freiheit läfst, ein Compromifsproject auszuarbeiten, welches mindestens die wichtigen Bedingungen sämmtlich erfüllt. Im Früheren wurde bereits hierauf hingewiesen. In noch höherem Grade ist es der Fall im Bezug auf den Schutz gegen Wellenschlag, da die Grundform der Anlage, mag auch die Mündung ungünstig liegen, schon an und für sich eine Mäfsigung des Seegangs bedingt, um so mehr, je gröfser das Verhältnifs zwischen Bassin- und Mündungsbreite ist. Die Höhe der Wellen nimmt genau in derselben Weise ab, als die Wellenbreite zunimmt. Stevenson[1]) hat hierüber folgende empirische Regel aufgestellt $\frac{\varrho'}{\varrho} = \sqrt{\frac{b}{B}} - \frac{1}{50}\left(1 + \sqrt{\frac{b}{B}}\right)\sqrt[4]{D}$, worin ϱ' und ϱ die Radien der Bahnen, welche die in der Oberfläche befindlichen Wassertheilchen durchlaufen, b die Breite der Mündung, B die Länge des Wellenscheitels im Hafen, und zwar in der Entfernung D von der Mitte der Mündung. (Alle Maafse sind bei Anwendung der Formel in englischen Fufsen einzusetzen).

In mehreren Häfen, besonders am Canal, hat man bei schlauchartigen Mündungen die besprochenen Vortheile der Bassinform dadurch herbeizuführen gesucht, dafs an geeig-

1) Vgl. hierüber auch §. 29.

2) Cialdi, Il porto di Genova. Il Politecnico 1878.

1) The Edinbourg new phil. journal Vol. LIV. p. 378.

neten Stellen die Hafeneinfassung aus einem Pfahlwerk gebildet wird, durch dessen freie Oeffnungen die Wellen in Seitenbassins treten können, deren Boden rückwärts mit sehr flacher Böschung bis über Wasser steigt. [1] „Die einlaufende Welle trifft dieses durchsichtige Pfahlwerk (à claire-voie), und an jedem einzelnen Pfahle findet sie einen gewissen Widerstand, der eine kleine rücklaufende Welle erzeugt. Aufserdem tritt eine starke Welle in das Bassin ein und verfolgt dasselbe bis an sein Ende. Auf dem ansteigenden Grunde schwächt sie sich aufs Neue; doch bildet sie gleichfalls eine rücklaufende Welle, die ihren Weg bis in den Hafen fortsetzt. Die verschiedenen Verluste der lebendigen Kraft, sowie auch die rücklaufenden Wellen, die ganz zufällig die folgenden treffen, schwächen sie ohne Zweifel; und gewifs geschieht dieses am vollständigsten, wenn das durchsichtige Pfahlwerk an der concaven Seite einer starken Krümmung angebracht ist." Jedoch ist diese sinnreiche Anordnung immerhin nur ein schwaches Aushilfsmittel in solchen Häfen, in welchen ohne dieselbe der Wellenschlag unerträglich stark sein würde.

Ein schlauchartiger Hafen könnte nur dann ruhiges Wasser zwischen seinen parallelen Molen haben, wenn aufserhalb in deren ganzer Länge Bassins angebracht wären, in welche die Wellen durch die offene Construction der Molen eintreten könnten. Eine derartige Anlage ist noch nirgends zur Ausführung gekommen, weil der Bau solcher Bassins in freiem Meer enorme Kosten verursachen müfste; sie wird auch nur dann möglich sein, wenn diese seitlichen Bassins gleichzeitig noch anderen wichtigen Zwecken dienen.

Dafs schon allein die offene Construction der Molen (massiv bis Niedrigwasser, Pfahlwerk darüber) in wirksamer Weise den Seegang schwächt, ist zwar mehrfach practisch erprobt; doch reicht diese Schwächung, z. B. im jetzigen Hafen von Boulogne, keineswegs aus, so dafs am inneren Ende des Aufsenhafens die oben beschriebenen kleinen Seitenbassins (brise-lames) angebracht werden mufsten.

Die Bassinform ist so vorwiegend geeignet für die Beruhigung starken Seeganges, dafs man sogar vor den Aestuarien mehrerer kleinerer Tideströme Molen, welche ein Bassin vor der Mündung der Flüsse einschliefsen, angelegt hat, während bekanntlich der ungehinderte Zutritt des Fluthwassers sonst allgemein als erforderlich und wünschenswerth angesehen wird. Die bezeichneten Molen haben am Lande ihren gröfsten Abstand; nach der See zu convergiren sie. Die Breite, welche ihre Seeenden zwischen sich für die Einfahrt frei lassen, mufs mindestens gleich der Breite des Tidestromes sein. Liffey, Dee, Tyne und Tees sind in dieser Weise gegen das Meer abgeschlossen. Bei alleiniger Rücksichtnahme auf die Erhaltung der Tiefe würde man wohl eine derartige Anordnung nicht wählen, da unter allen Umständen die Spülwirkung beeinträchtigt wird, sobald man die ungestörte Füllung des Stromes mit Fluthwasser beeinträchtigt. Weder die Bildung der Seebarre, noch die der inneren Bänke wird verhindert; im Gegentheil erfolgen die Eintreibungen von Meeressand sowohl, als die Ablagerungen von Sinkstoffen und Geschieben, welche das Oberwasser mit sich führt, in gröfserem Maafse als früher.

1) Hagen, Seebau II. p. 255.

Dagegen gestattet der Abschlufs eines künstlichen Bassins durch Molen, in relativ ruhigem Wasser einzulaufen und mit gewöhnlichen Dampfbaggern zu arbeiten. Am Tyne hat man aufserdem Baggerungen im Strome selbst bis oberhalb Newcastle in gröfstem Maafse vorgenommen, um die Fluthcapacität desselben zu steigern. Da nun aber die Ausdehnung und das Fortschreiten der äufseren Bänke, die sich innerhalb der Molen bilden werden, in innigem Zusammenhang mit Lage und Gröfse der inneren Bänke steht, so wird durch die Beseitigung der letzteren, mittels Baggerung indirect ein sehr günstiger Einflufs auf die Seebarre ausgeübt. Die alljährlich wegzubaggernden Massen sind bei dieser Anlage jedoch so enorm, dafs nur ein aufserordentlich starker Verkehr die theuere Unterhaltung rechtfertigen kann. Im Laufe der letzten 20 Jahre wurden ca. 3 Mill. cbm per Jahr ausgebaggert, von welcher Quantität ein grofser Theil aus frisch zugeführten Materialien bestand, deren Beseitigung in bestimmten Perioden immer wieder von Neuem erfolgen mufs. Die überaus günstigen Resultate, welche man in sehr kurzer Zeit daselbst erreicht hat, wo die Seebarre fast verschwunden zu sein scheint, sind übrigens nicht allein der Energie, mit welcher die Molenbauten, die Baggerungen im Bassin, sowie die Regulirungs- und Vertiefungsarbeiten im Strome vorgenommen wurden, zu verdanken, sondern auch grofsentheils dem Umstande, dafs die Küstenströmung nur geringe Sandmassen zuführt.

Die beschriebene indirecte Einwirkung der im Inneren des Fluthreservoirs vorgenommenen Baggerungen auf die Seebarre wird auch bei künstlichen Bassinhäfen, wiewohl in weit geringerem Maafse, sich zeigen, da die Wassermenge des aus denselben austretenden Ebbestroms relativ klein ist.

6. Capitel. Schlufsergebnisse.

§. 32. Recapitulation der Anforderungen.

Die Anlage eines Seehafens an flacher Sandküste bedingt eine Unterbrechung der regelmäfsigen Küstenentwickelung, eine Uferlücke, zu deren Erhaltung ein Spülstrom erforderlich ist, sowie Molenbauten, welche diese Uferlücke vor sofortiger Versandung schützen und sicheren Einlauf in ruhiges Wasser ermöglichen.

Winde, Wellen und Strömungen, vorzugsweise die von den Winden und der Fluthererscheinung verursachten Strömungen, sowie die Bewegungen der längs der Küste wandernden Sände sind die von der Natur gegebenen Bedingungen, deren sachgemäfse Benutzung und Bekämpfung es möglich macht, die 3 Haupterfordernisse einer Hafenanlage, Erhaltung der Einfahrtstiefe, Sicherung des Einlaufs, Schutz gegen Seegang, ausreichend und dauernd zu erfüllen.

Im 1. Cap. wurde betrachtet, in welcher Weise jene Naturkräfte auf die Gestaltung der freien Küste einwirken; im 2. und 3. Cap. wurde untersucht, welche Abweichungen durch künstliche und natürliche Unterbrechungen, Einbaue in den Strand und Uferlücken mit Spülströmen, hervorgerufen werden. Im 4. Cap. wurden die Anforderungen entwickelt, welchen die Hafenanlage mit Rücksicht auf die Erhaltung der Tiefe in der Einfahrt genügen mufs; und im 5. Cap. wurde nachgewiesen, wie die Rücksichtnahme auf Sicherung des Einlaufs und Schutz gegen Seegang die Anordnung eines Seehafens beeinflufst.

Bei sämmtlichen, zur Erörterung gelangten Fragen ist durchweg nur die Gestaltung des Aufsenhafens in Betracht gekommen, weil die Anlage des inneren Hafens vorzugsweise von den speciellen Bedürfnissen und localen Verhältnissen abhängig ist, während die Beantwortung jener Vorfrage: „Wie ist der Aufsenhafen anzuordnen?" nach allgemeinen Gesichtspunkten erfolgen kann. Hiermit soll keineswegs gesagt sein, dafs es möglich wäre, ein bestimmtes Schema aufzustellen, welches für jede beliebige Hafenanlage an flacher Sandküste anwendbar sein würde. Wohl aber gelten die Gesichtspunkte, die im Vorhergehenden als maafsgebend bezeichnet wurden, allgemein. Ihre Anwendung auf die Verhältnisse der Küstenstelle, an welcher der Seehafen angelegt werden soll, ist Sache der Detailprojecte.

Die Anforderungen, welche früher entwickelt und begründet wurden, widersprechen sich theilweise; und schon hieraus geht hervor, dafs je nach dem Ueberwiegen der einen oder der anderen bei verschiedenen natürlichen Bedingungen die Anlage verschieden gestaltet sein mufs. Diese Anforderungen beziehen sich auf die Anordnung der Molen, besonders auf deren Trace und Abstand, sowie auf die Anlage der Spülung.

Künstliche Spülung ist für Häfen an flacher Sandküste fast immer erforderlich, da früher nachgewiesen wurde, dafs nur in aufsergewöhnlichen Fällen durch locale Erosionsströmungen, welche mit bedeutenden Geschwindigkeiten an den Hafenmündungen vorbeiströmen (Boulogne, Nieuwe-Diep,) die Bildung der Barre verhindert wird.

Durch den Abstand der Molen, je nachdem derselbe constant oder variabel ist, wird die Grundform des Hafens bedingt, ob Schlauchform oder Bassinhafen.

Die Trace der Molen ist in Bezug auf Wind, Wellen, Wandersände und Strömungen von höchster Wichtigkeit, besonders in der Nähe der Hafenmündung.

Im Nachfolgenden sind daher zu betrachten:

1) die Bedingungen für die Wahl der Hafenform,

2) die Bedingungen für die Orientirung und Breite der Hafenmündung,

3) die Bedingungen für die Trace der Molen,

4) die Bedingungen für die Anlage der Spülung.

1) Bedingungen für die Wahl der Hafenform.

Die beiden Grundformen der Aufsenhäfen sind: die Bassinform und die Schlauchform. Die rasche Erweiterung der Hafenbreite unmittelbar hinter der Einfahrt, welche den Bassinhäfen eigenthümlich ist, vermindert die Kraft des Seegangs und bietet den einlaufenden Schiffen sehr grofsen Spielraum, so dafs dieselben ihre Manöver sicher und in relativ ruhigem Wasser ausführen können. Dagegen ist für die übliche Anordnung der Spülungsvorrichtungen die Schlauchform vorzuziehen, weil zwischen den parallelen Molen der Spülstrom besser zusammengehalten wird und sein Austritt aus der Mündung, besonders wenn man die Hafendämme dort etwas convergent macht, strahlartig erfolgt. Die Vorzüge der Bassinhäfen in Bezug auf Schutz gegen den Seegang lassen sich bei Schlauchhäfen theilweise dadurch erreichen, dafs man einen Theil der Molen offen baut und Seitenbassins anlegt, in welchen die Wellen sich todtlaufen.

2) Bedingungen für die Orientirung und Breite der Hafenmündung.

Die Rücksichtnahme auf die Möglichkeit, Schiffe aus verschiedenen Richtungen einlaufen zu lassen, macht möglichst grofse, die Rücksichtnahme auf Beruhigung des Seegangs dagegen macht möglichst kleine Breite erwünscht. Die Zusammenhaltung des Spülstroms verlangt gleichfalls eine nicht zu bedeutende Breite, bei Schlauchhäfen eine allmälige Verengung des Schlauchs nach der Mündung zu.

Im Hinblick auf die Möglichkeit, aus verschiedenen Richtungen einlaufen zu können, ist die Orientirung der Hafenmündung bei Bassinhäfen an weniger enge Grenzen gebunden. Wenn die Richtung der herrschenden Winde von derjenigen der stärksten Stürme stark abweicht, so ist für die Orientirung der Schutzhafen-Mündungen die letztere, für die Mündungen von Handelshäfen die erstere maafsgebend. Es soll die Richtung der Einfahrt zwar nicht mit der herrschenden Windrichtung zusammenfallen, jedoch auch nicht allzuweit von derselben abweichen, damit der Einlauf mindestens unter 60° am Wind erfolgen kann. Hierbei ist anzustreben, dafs die Einfahrtsrichtung nicht gerade senkrecht zur Strömungsrichtung liegt, um das Abtreiben und die Drehung der einlaufenden Fahrzeuge zu vermeiden.

Die Wirksamkeit des Spülstroms ist um so bedeutender, je mehr die Richtung, mit welcher derselbe austritt, mit der Richtung zusammenfällt, in welcher die Küstensände wandern, d. h. mit der Richtung der vorherrschenden Küstenströmung. In noch höherem Grade ist dies der Fall, wenn die Richtung des Spülstroms so nahe als möglich mit der des vorherrschenden Wellenschlags zusammenfällt.

Mit Rücksicht auf den Schutz gegen Seegang ist es erwünscht, dafs durch die Orientirung der Hafenmündung die von den häufigsten Winden erzeugte Dünung vom Aufsenhafen abgehalten wird. Wenn derselbe gleichzeitig als Vorhafen dient, so ist er gegen die Sturmwellen zu schützen.

3) Bedingungen für die Trace der Molen.

Bei Schlauchhäfen kann die Rücksicht auf die Orientirung der Mündung dazu führen, beide, einander parallele, Molen curvenförmig auszubiegen. Um die unvermeidliche Vorwanderung des Küstensaumes in möglichst engen Grenzen zu halten, ist es erwünscht, die beiden parallelen Molen convex zur See zu krümmen, so zwar, dafs die Hafenmündung von der Richtung, aus welcher die Wandersände kommen, abgeneigt ist. Für den Einlauf langer Schiffe ist die gekrümmte Form der Hafendämme nur dann unschädlich, wenn die Breite des Schlauchs genügend und der Radius nicht zu klein ist.

Für den Austritt des Spülstroms ist die Krümmung, mindestens einer der beiden Molen, an deren concave Seite er angeprefst wird, besonders dann zu empfehlen, wenn der Abstand der Hafendämme sehr grofs ist, also vorzugsweise bei Bassinhäfen. Es erscheint bei dieser Hafenform wünschenswerth, die Symmetrie aufser Acht zu lassen und das Bassin dadurch herzustellen, dafs diejenige Mole, welche nach der Richtung zu, aus der die Wandersände kommen, gelegen ist, declinant gegen deren Richtung und convex gegen das Meer gekrümmt, mit ihrem Seeende aber nahezu parallel dem Ufer geführt wird, während die andere Mole

annähernd senkrecht zur Küste auf kürzestem Wege die Mündung erreicht.

Gerade Linien von großer Länge sind um so mehr zu vermeiden, je näher sie der Einfahrt liegen, hauptsächlich wenn sie schräg zur Richtung des vorherrschenden Seeganges gelegen sind, weil die kabbelige See, welche durch die Reflexion der Wellen entsteht, die Sicherheit des Einlaufens in hohem Grade gefährdet.

4) Bedingungen für die Anlage der Spülung.

Die übliche Anlage der Spülbassins im inneren Hafen und ihre gleichzeitige Benutzung für andere Zwecke behindert die Spülung selbst in hohem Grade, 1) weil man genöthigt wird, um diese Nebenzwecke und die Ruhe der im Vorhafen liegenden Schiffe nicht zu sehr zu beeinträchtigen, die Spülströme nur in langen Zwischenräumen austreten zu lassen, und 2) weil andererseits der größte Theil ihrer Spülkraft nicht an der richtigen Stelle zur Wirkung kommt und, da dies nicht geschieht, künstlich vernichtet werden muß.

Um die erosive Wirkung auf die Barre erheblich zu vergrößern, ist die Spülschleuse in die Nähe der Hafenmündung zu legen; um unabhängig von der Benutzung des inneren Hafens zu bleiben, ist das Spülbassin außerhalb des Vorhafens anzuordnen. Man kann alsdann jede Tide zur Spülung benutzen und die Dauer jeder einzelnen Spülung bis über den Moment des Kenterns der Tideströmungen, der für den Schlickfall am gefährlichsten ist, hinaus ausdehnen.

§. 33. Ideen über die Anlage eines Hafens an flacher Sandküste im Fluthgebiet.

Da die Rücksicht auf bequeme Einsegelung für große Häfen mit Remorqueurdienst erst in zweiter Linie beachtet zu werden braucht, sind in erster Linie ins Auge zu fassen die Mittel zum Schutz gegen den Seegang, die Spülanlage, ferner die Vorkehrungen gegen die allzu weite Vorwanderung des Küstensaumes.

Die durch letztere Bedingung geforderte declinante, nach dem Meere zu convexe Gestalt des Hafendammes, welcher die Wandersände aufhält, weist auf die Anlage eines Bassinhafens hin (Fig. 16). Die Anforderung, das Spülbassin außerhalb des Vorhafens und die Spülschleuse neben der Hafenmündung anzulegen, läßt es wünschenswerth erscheinen, einen Theil dieses bassinartigen Außenhafens als Spülbassin auszunutzen, etwa durch Anlage einer dritten inneren Mole, welche, senkrecht vom Ufer ausgehend, mit sanfter Krümmung nach dem Molenkopf des declinanten Hafendammes zu führt, dicht vor demselben endet und zwischen ihrem eigenen Ende und jenem Molenkopfe Platz für die Spülschleuse läßt.

Der eigentliche Außenhafen würde hierdurch auf den Raum zwischen der zweiten Außenmole, die gleichfalls senkrecht vom Ufer ausgeht und mit sanfter Krümmung nach der Hafenmündung leitet, und der Innenmole beschränkt sein, folglich annähernd eine Schlauchform erhalten.

Um der ersten Hauptbedingung genügen zu können, müßte sich ein Mittel finden lassen, das Spülbassin gleichzeitig als Seitenbassin für die Abschwächung des Wellenschlags zu verwerthen. Eine solche Verwerthung würde jedoch verlangen, daß die Innenmole, mindestens über Niedrigwasser, offen gebaut wäre. Da nun aber die Benutzung des Bassins zur Aufbewahrung des Fluthwassers nur

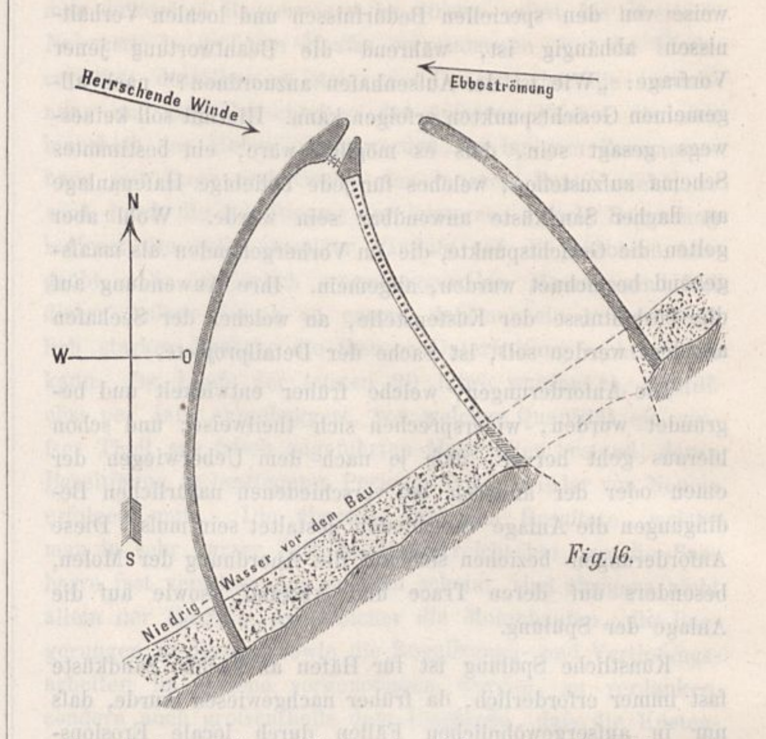


Fig. 16.

während des größeren Theils der Ebbe und weiter bis nach dem Kentern der Ebbe- in Fluthströmung eine geschlossene Mole erfordert, und da anderntheils gerade während der Schifffahrtsperiode, also zur Zeit des Hochwassers die Rücksicht auf Schutz gegen den Seegang die Mole offen verlangt, so läßt sich wohl der scheinbare Widerspruch in der Weise beseitigen, daß man die Innenmole offen construirt, aber die Zwischenräume mit beweglichen schützartigen Vorrichtungen (etwa mit Klappthoren, welche durch hydraulische Kraft bewegt werden, wie in Honfleur) verschließt, sobald bei Ebbe rasches Sinken des Wasserstandes erfolgt, um sie wieder zu öffnen, wenn die Wasserstände, ungefähr bei halber Fluth, im Bassin und außerhalb desselben sich ausgeglichen haben.

Die in den inneren Hafen eintretenden Wassermengen würden in dem schlauchförmigen eigentlichen Außenhafen bei Ebbe einen, wenn auch schwachen Spülstrom hervorrufen, den man eventuell aus kleineren Spülbassins, die neben dem Vorhafen anzulegen wären, oder durch echelonartige secundäre Spülströme aus dem Seitenbassin verstärken könnte, falls man es nicht vorzieht, die Reinhaltung dieses geschützt liegenden Hafentheiles mit Baggerung zu bewirken.

Wird von der Möglichkeit abgesehen, aus sehr verschiedenen Richtungen in den Buchthafen einzulaufen und dessen ganze Fläche für Evolutionen zu benutzen, welche Möglichkeit bei den meisten künstlichen Bassinhäfen thatsächlich nicht vorhanden ist, so vereinigt die vorgeschlagene Anordnung die wesentlichsten Vorzüge der beiden Grundformen, wie sie ja auch äußerlich als eine Combination derselben sich darstellt. Vor den seitherigen Anlagen aber hat sie außerdem noch den großen Vorzug voraus, daß sie die Kraft eines starken Spülstroms vollständig, mit möglichst langer Dauer und an der richtigen Stelle auszubeuten gestattet.

Die declinante, gegen die See convexe Gestalt der in Fig. 16 südwestlichen Mole bewirkt, daß die gegen dieselbe

anstofsenden Wasserfäden der westlichen, sandführenden Küstenströmung nur wenig abgelenkt werden und am Seeende parallel an die nicht abgelenkten Wasserfäden der Strömung sich anschliefsen. Weil nun der Wellenschlag, sobald er mit steiler Neigung gegen die mit Sand beladenen, von der Mole her kommenden Wassermassen stöfst, sofort einen Niederschlag veranlafst, so wird die Barre, deren Ausbildung unter keinen Umständen vermieden werden kann, sich dicht vor der Hafenmündung ausbilden; und die Stelle, wo die erosive Wirkung der Spülung am meisten erforderlich wird, fällt mit derjenigen zusammen, wo sie am gröfsten ist.

Das durch die innere Mole abgetrennte Seitenbassin, an seinem seewärts gelegenen Ende mit einer Spülschleuse versehen, müfste während der Schifffahrtsperiode, bis etwa 1 Stunde nach H. W. offen bleiben. Alsdann wären die Lücken der Molenconstruction zu schliefsen, um das nur wenig vom Hochwasserstand abweichende Niveau zu halten. Sobald vor den Molen nahezu der niedrigste Wasserstand eingetreten ist, müfste die Spülschleuse allmälig geöffnet werden. Wenn dies in der Weise geschieht, dafs die Ausflufsöffnungen annähernd den Quadratwurzeln aus den Druckhöhen umgekehrt proportional sind, was sich etwa durch langsamen Aufzug verticaler Schützen bewirken liefse, so würde, da in der ersten Stunde das Steigen der Fluth nur sehr langsam vor sich geht, während dieser Periode die ausfliefsende Wassermasse per Zeiteinheit constant sein, ihre Geschwindigkeit jedoch allmälig abnehmen. Sobald das Aufsenwasser merklich steigt, während das Niveau im Spülbassin immer mehr sinkt, werden Ausflufsmenge und Geschwindigkeit nach und nach kleiner. Die Querschnitte der Schleusenöffnungen kann man in jener ersten Periode so bemessen, dafs die mittlere Geschwindigkeit anfangs 4 m, gegen Ende etwa 3 m per Secunde beträgt. Es gleichen sich alsdann beide Wasserstände, aufserhalb des Bassins und innerhalb desselben, erst kurz vor Mittelwasser aus, und der Spülstrom behält während längerer Zeit bedeutende Kraft.

Da aber der Augenblick des Kenterns in der Nähe des Landes jedenfalls zwischen den Zeiten des Niedrigwassers und des Mittelwassers der Fluth erfolgt, an der flandrischen Küste z. B. 2 Stunden nach erstgenanntem Zeitpunkt, und da andererseits zur Zeit des Mittelwassers die vom Meere ankommende Fluthströmung schon eine merkliche Stärke besitzt, so mufs zunächst eine stetige Bewegung der beim Beginne der Spülung in Suspension gerathenen Sandtheilchen stattfinden. Wenn z. B. (Fig. 16) die Ebbeströmung von der östlichen Seite kommt, der Spülstrom aber mit nahezu nördlicher Richtung austritt, so wird die losgespülte Sandmasse in Richtung der resultirenden Bewegung anfangs nach N. geführt, weiter in See aber immer mehr nach N. W. abgelenkt. Zur Ablagerung kann sie jedoch nicht gelangen, weil die Einwirkung des Spülstroms bis über den Zeitpunkt hinaus andauert, von welchem an die in Fluthströmung umgesetzte Tideströmung Stärke genug hat, sie wieder nach Nordosten, der Küste entlang, zurückzuführen. Dieser durch die Fluthströmung in erster Linie veranlafste, durch die herrschenden Winde eventuell lebhaft beförderte Transport währt, ohne dafs vor dem Hafen Ablagerungen stattfinden könnten, so lange, wie diese Strömung intensiv genug ist, etwa bis zur Zeit des Kenterns der Fluth- in Ebbeströmung, an der flandrischen Küste also bis ca. 3 Stunden nach Hochwasser. Nunmehr erst kann der Sandfall beginnen; derselbe ist um so stärker, je seichter der Meeresgrund und je weniger bewegt das Wasser ist.

Einestheils hierdurch, anderntheils durch die gröberen Sandkörnchen, welche von der Strömung am oberen Theile der Uferböschung sprungweise fortgeführt werden und gleichfalls zur Ruhe kommen, sobald dieselbe aufhört, erhöht sich die Barre vor der Mündung. Diese gröberen Sandkörnchen werden, wenn der Spülstrom beginnt, gleichfalls in Bewegung gesetzt und so lange bergab gerollt, als die Geschwindigkeit der Strömung sie zu transportiren vermag. Nach den früheren Ausführungen bleibt bis zum Beginne der Fluthströmung dem Spülstrom genügende Geschwindigkeit, um sie nicht zur Ruhe kommen zu lassen, mindestens doch den gröfsten Theil in Wanderung zu halten. Auch dieser Theil des Barrenmaterials wird daher einen ähnlichen Weg zurücklegen, wiewohl in engeren Grenzen und langsamer, als die schlickartigen feinen Sandtheilchen.

Der senkrecht zur Küste gerichtete Wellenschlag mufs zwar die in Wanderung befindlichen Geschiebe und Sinkstoffe um so mehr beeinflussen, je stärker er ist. Da jedoch die ausgehende Strömung grofse Kraft besitzt, kann der beschriebene Vorgang wesentliche Abweichungen durch den Wellenschlag nicht erleiden, besonders wenn der vorherrschende Seegang nicht senkrecht zum Ufer stattfindet, sondern schräg gerichtet von derselben Seite her, von welcher die Fluthströmung kommt, wie dies z. B. an der flandrischen Küste der Fall ist, da die parallel zu derselben ausgedehnten Bänke ähnlich wie Wellenbrecher wirken.

Ein sehr wesentlicher Vortheil der vorgeschlagenen Spülmethode, welche natürlich jede Tide ausnutzt, besteht darin, dafs zwischen dem Augenblick, wo die Sinkstoffe auf der Barre sich ablagern, und demjenigen, wo der Spülstrom sie wieder aufreifst, nur wenige Stunden vergehen, dafs die Niederschläge keine Zeit finden sich festzulagern, und dafs infolge dessen relativ geringe Geschwindigkeiten zu ihrer Erosion genügen. Diese Spülmethode verzögert die Periode des Niederschlags der suspendirten Körper, welche sonst im Beginne der Fluth stattfinden würde, bis zur Mitte der Ebbe. Das Endresultat der vereinigten Wirkung von Tideströmungen, Wind, Wellenschlag und Spülstrom mufs daher sein, dafs in den letzten Stunden der Ebbe vor der Hafenmündung eine Barre sich bildet, welche sofort nach ihrer Bildung wieder zerstört wird. Die Barre ist gewissermaafsen eine Etappe auf dem Marsche, welchen die Wandersände längs der Küste ausführen.

Ohne Eingriff des Spülstroms würde der Strand langsam, aber sicher sich regelmäfsig längs der Südwestmole, allmälig auch vor der Hafenmündung ausbilden. Die Spülung bewirkt Gleichgewicht und stellt die ursprüngliche Tiefe stets wieder von Neuem her. In jedem einzelnen Falle würde sorgfältig zu erwägen sein, wie grofs die Spülkraft bemessen werden mufs, wodurch sich die Gröfse des Spülbassins, sowie die Querschnitte der Spülschleusen-Oeffnungen bestimmen lassen.

In der Möglichkeit, das für die Spülanlage erforderliche Bassin, wenn es diesem Zwecke gedient hat, für die Erhaltung stillen Fahrwassers im Aufsenhafen nutzbar zu machen, liegt ein weiterer Vorzug der angeregten Idee. Dies würde möglich sein von dem Augenblicke ab, wo die Wasserstände

im Seitenbassin und vor demselben sich ausgleichen, bis etwa 1 Stunde nach Erreichung des höchsten Wasserstandes, also etwa 4 bis 4½ Stunden lang während jeder Tideperiode, und zwar gerade zu der Zeit, wo die Schifffahrt am lebhaftesten, die Beruhigung des Wellenschlags im Aufsenhafen also am meisten erforderlich ist.

Dafs die constructiven Schwierigkeiten, welche der Ausführung einer derartigen Mole mit beweglichen Wänden und der in Vorschlag gebrachten Anordnung einer Spülschleuse in der Nähe der Hafenmündung sich entgegenstellen, keineswegs unüberwindlich sind, beweisen z. B. die unter ähnlichen Verhältnissen angelegten Verschlufsvorrichtungen der Einlafsöffnung des Spülbassins zu Honfleur und die Spülschleusen-Anlage desselben Bassins. Auch gewährt dort die Einführung hydraulischen Betriebs die Möglichkeit, die während längerer Zeit angesammelte Kraft einer relativ schwachen Maschine zu einer momentanen, ungemein hohen Arbeitsleistung zu verwenden.

Zweifelsohne würden sich die Anlagekosten eines nach dem skizzirten Systeme ausgeführten Hafens sehr hoch belaufen. Jedoch kann die zur Zeit allgemein übliche Methode der künstlichen Spülung den angestrebten Zweck, die ursprüngliche Tiefe stets wiederherzustellen, keinenfalls erfüllen. Ob dies durch Baggerungen auf der Barre erreichbar ist, dürfte zu bezweifeln sein. Jedenfalls würde hierdurch die Schifffahrt in hohem Grade belästigt; und die Betriebskosten müfsten übermäfsig hoch ausfallen.

Die beispielsweise angedeuteten Ideen sollen zeigen, wie man die früher entwickelten theoretischen Grundsätze allenfalls für den Entwurf einer Neuanlage verwerthen könnte. Die Grundsätze selbst wurden aus dem Studium hydrographischer Untersuchungen und ausgeführter Anlagen, sowie aus den Gutachten bewährter Fachmänner in objectiver Betrachtung ermittelt. Sind die Schlufsfolgerungen richtig gezogen, so wäre die Hoffnung nicht aufzugeben, dafs, auch unter den ungünstigsten Umständen, die Anlage von Seehäfen an flachen Sandküsten der Tidemeere und die Erhaltung ihrer Einfahrtstiefen durch künstliche Spülungen möglich ist.

H. Keller.

Die Wasserstands-Verhältnisse der Oder im Regierungsbezirke Oppeln.

Nach den täglichen Wasserstands-Beobachtungen an den fünf Hauptpegeln des Bezirkes graphisch dargestellt und erläutert durch Regierungs- und Baurath Pralle zu Oppeln, im Sommer 1881.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 29 im Atlas und auf Blatt C im Text.)

Die Wasserstände der Preufsischen Ströme sind in ihrem aus langjährigen Beobachtungen resultirenden Verhalten in zwei Abhandlungen von G. Hagen näher geprüft worden, wovon die erste in den Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom Jahre 1880 veröffentlicht, und deren zweite im Jahrgange 1881 der Zeitschrift für Bauwesen S. 17 u. f. enthalten ist.

Zusammenstellungen der Wasserstände der oberen Oder waren mit Rücksicht auf Oder-Regulirungs-Fragen hier schon in Bearbeitung, bevor jene für die Wissenschaft bedeutsamen Abhandlungen hier bekannt waren; die letzteren haben indessen Anregung und Anleitung gegeben, auch die hiesigen Beobachtungen in ähnlicher Weise zu behandeln und zu prüfen, d. h. nach der Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinlichsten stetigen Aenderungen der maafsgebenden Wasserstände zu ermitteln, und ferner diese Aenderungen darauf zu prüfen, ob der wahrscheinliche Fehler derselben innerhalb der Grenze der jährlichen Schwankungen liegt, oder ob mit geringerer oder gröfserer Wahrscheinlichkeit, beziehungsweise mit Gewifsheit, die Einwirkung anderer Ursachen auf diese Aenderungen anzunehmen ist.

Wenngleich jene erwähnten Abhandlungen die bezüglichen Verhältnisse schon allgemein für die Preufsischen Ströme, einschliefslich des unteren Laufes der Oder, klar stellen, so erscheint es doch nicht überflüssig, noch speciell die hiesigen Verhältnisse in ähnlicher Weise zu prüfen.

Denn einmal ist man nach weitverbreiteter Auffassung im hiesigen Bezirke, und wie verschiedene Mittheilungen in öffentlichen Blättern ergeben, auch auswärts, namentlich in nicht sachverständigen Kreisen, allzu geneigt, die besonderen Eigenthümlichkeiten, welche Oberschlesien in vieler Hinsicht darbietet, auch für die Stromverhältnisse vorauszusetzen, und daher hier Ausnahmeerscheinungen anzunehmen, welche für die Besserung nachtheiliger Einwirkungen des Stromes ganz besondere, von den bisher üblichen Methoden abweichende Maafsregeln vermeintlich erforderlich machen.

Sodann aber wird die Untersuchung eines specielleren Falles in einem kleineren Bezirke, in welchem die Abflufsverhältnisse des Stromes und die verschiedenen, im Laufe der Jahre erfolgten localen Einwirkungen auf diese Verhältnisse näher bekannt sind, auch Gelegenheit geben, motivirt auf die Art der Ursachen solcher Erscheinungen zu schliefsen, welche in starken Abweichungen der Wasserstandsänderungen an den verschiedenen Pegeln desselben Stromes verschiedenartig hervortreten.

Die Beobachtungen, welche den Gegenstand der vergleichenden Zusammenstellung und Untersuchung bilden, sind an den fünf Hauptpegeln der Oder, zu Oderberg, Ratibor, Cosel, Krappitz und Oppeln, angestellt, und zwar sind für Cosel und Oppeln die Beobachtungen an den Unterpegeln ausgewählt, weil die Wasserstände an den daselbst befindlichen Oberpegeln durch die Einwirkung der Wehre beeinflufst werden.

Die Lage der Pegel in Bezug auf die Abflufsgebiete, auf die Nebenflüsse etc. ist auf der Uebersichtskarte Blatt 29 angegeben, welche nach der dem Projecte für einen Oder-Lateral-Canal beigegebenen Uebersichtskarte des Stromgebietes der Oder und Weichsel gezeichnet ist.

Nach den an den genannten fünf Hauptpegeln täglich beobachteten Wasserständen sind für jedes Beobachtungsjahr die Jahresmittel berechnet, und diese in stärkeren Linien und Zahlen auf Blatt C in der Weise graphisch dargestellt,

dafs die aufeinander folgenden Jahre die Abscissen, die mittleren Pegelstände die Ordinaten bilden.

In ähnlicher Weise sind für die fünf Pegel die höchsten und die niedrigsten Jahreswasserstände in dünneren Linien und Zahlen angegeben.

Die Resultate der in früheren Jahren nach Preufsischem Fufs- und Zoll-Maafs geführten Pegel-Tabellen sind in Meter, Decimeter und Centimeter umgerechnet, so dafs sämmtliche eingeschriebenen Höhenzahlen in dem jetzt üblichen Maafse ausgedrückt sind.

Die graphische Darstellung ist gewählt, weil man daraus eine bessere und leichtere vergleichende Uebersicht erhält, als aus einer tabellarischen Zusammenstellung der Zahlen allein, zudem auch dadurch die näher zu prüfenden Abweichungen in der Lage der wahrscheinlichsten Linien, welche an den verschiedenen Pegeln sich ergeben, besonders übersichtlich und scharf auch dem Auge erkennbar hervortreten.

Für aufsergewöhnliche Hochwasserstände, welche das Maafs von 5 m über Null am Oppelner Unterpegel überstiegen haben, ist Monat und Tag an betreffender Stelle für Oppeln angegeben, und sind diese Zeitangaben auch für die entsprechenden Hochwasserstände an den übrigen Pegeln durchgeführt.

In einzelnen Fällen, wie z. B. im Jahre 1855, ist der betreffende höchste Wasserstand in Oppeln nicht zugleich an anderen Pegeln ebenfalls der höchste Jahreswasserstand gewesen, und sind in solchen Fällen die betreffenden verschiedenen Daten und Höhen besonders markirt.

Im Jahre 1880 hat der höchste Jahreswasserstand am Oppelner Unterpegel am 5. Januar stattgefunden, welcher Stand das Sommerhochwasser vom 8. August 1880 noch um 26 cm überstieg. Da jener Winter-Hochwasserstand jedoch lediglich durch eine locale Eisversetzung bei Sacrau, etwa 4 km unterhalb der Oppelner Pegelstelle, verursacht wurde, während an den oberen Pegeln ein verhältnifsmäfsig niedriger Wasserstand stattfand, so ist dieser locale Stauwasserstand an betreffender Stelle für den Oppelner Pegel zwar angedeutet, für die Berechnung der wahrscheinlichsten Linie der höchsten Jahreswasserstände jedoch lediglich das an sämmtlichen Pegeln durchgehende August-Hochwasser als höchster Jahreswasserstand auch für Oppeln in Rechnung gestellt.

Im Jahre 1876 ist zwar nach den vorliegenden Nachrichten der ungewöhnlich hohe Wasserstand vom 22. Februar in Oppeln ebenfalls durch locale Eisversetzungen auf die erreichte Höhe gesteigert. Da indessen der entsprechende Hochwasserstand an den übrigen Pegeln auch ohne Eisversetzung ebenfalls die übrigen, im Jahre 1876 vorgekommenen Hochwasserstände überstiegen hat, und andrerseits sichere Anhaltspunkte für eine etwaige Reduction des betreffenden Oppelner Hochwasserstandes nicht in genügender Weise vorlagen, so ist dieser Hochwasserstand in beobachteter Höhe von $5,_{90}$ m ungeändert bei der Berechnung berücksichtigt.

Bei der graphischen Darstellung sind die sämmtlichen vorliegenden täglichen Wasserstands-Beobachtungen benutzt, mit Ausnahme der Beobachtungen von 1820 bis incl. 1834 am Ratiborer Pegel und des Jahrganges 1824 am Oderberger Pegel.

Bei Ratibor hat in der Stromstrecke unterhalb des Pegels bis zum Jahre 1813 ein festes Wehr gelegen. Dasselbe scheint nach damals erfolgtem Durchbruche später zwar niemals vollständig wiederhergestellt zu sein, doch sind erhebliche Wehrtheile noch im Anfange der dreifsiger Jahre vorhanden gewesen. Berichte aus jener Zeit melden mehrfach von wiederholten Durchbrüchen dieser Wehrreste und dadurch eingetretenen starken und unregelmäfsigen Senkungen des dortigen Pegelstandes. Noch im Jahre 1834 sind bedeutendere Reste dieses Wehres abgetrieben, und hat man darauf mit Beginn des Jahres 1835 einen neuen Pegel dort angebracht, dessen Nullpunkt 4 Fufs tiefer, als der des alten gesetzt ist.

Eine Reduction der Beobachtungen vor 1835 auf den Nullpunkt des neuen Pegels genügt nicht zur Erreichung gleich sicherer Resultate, wie sie für die übrigen Pegel vorliegen, weil man nicht zugleich den unregelmäfsigen Einflufs der mehrfach und unbestimmbar veränderten Wehrüberreste auf den dortigen Wasserstand in zureichender Weise mit berücksichtigen kann. Unter diesen Umständen haben die von 1820 bis incl. 1834 geführten Ratiborer Beobachtungen ganz fortgelassen werden müssen.

Für den Oderberger Pegel fehlen im Beobachtungsjahre 1824 die Beobachtungen vom 1. Juli bis 21. November ganz, und haben daher die unvollständig angestellten Beobachtungen dieses Jahres für Oderberg nicht berücksichtigt werden können. Die betreffenden Verbindungslinien der Wasserstände sind daher vom Jahre 1823 zum Jahre 1825 gestrichelt angedeutet.

Bei der vergleichenden Untersuchung der Wasserstandsänderungen ist die Periode von 1835 bis incl. 1880, also eine 46 jährige Beobachtungszeit, in Rechnung gezogen, weil für diese Periode die Beobachtungen an sämmtlichen fünf Pegeln vollständig vorliegen.

Der nächste Zweck der Untersuchung geht nun dahin, aus allen einzelnen Abscissen und Ordinaten der graphischen Darstellung auf Blatt C nach der Methode der kleinsten Quadrate die Lage der geraden Linie zu bestimmen, welche stetig fallend oder stetig steigend die wahrscheinlichste jährliche Aenderung nach der absoluten Gröfse und nach der Aufeinanderfolge der Beobachtungen graphisch darstellt; oder mit andern Worten: es ist eine gerade Linie zu bestimmen, welche in ihrer Höhenlage und Richtung zur Abscissenaxe der Bedingung genügt, dafs die Summe der Quadrate der Differenzen, welche die einzelnen stetig wachsenden oder stetig abnehmenden Ordinaten dieser Linie verglichen mit den entsprechenden Beobachtungsgröfsen der einzelnen Jahre ergeben, ein Minimum wird.

Nach derselben Methode ist ferner die Gröfse des wahrscheinlichen Beobachtungsfehlers, d. h. diejenige Fehlergrenze, von der es ebenso wahrscheinlich ist, dafs sie überschritten, als dafs sie nicht erreicht wird, zu bestimmen und als Einheitsmaafs einzuführen, und ist danach die Gröfse dieses Fehlers sowohl für die verbesserte Ordinate des Anfangsjahres, als für die jährliche Aenderung des Wasserstandes zu ermitteln.

In der Vergleichung der Gröfse der jährlichen Aenderung mit der Fehlergrenze derselben hat man sodann ein Mittel, zu prüfen, ob die gefundene Aenderung nur durch

die Schwankungen in den Wasserständen bedingt wird, oder ob sie von anderen stetigen Einwirkungen herrührt.

Es ist hier nur der Gang der geführten Untersuchung im Allgemeinen angedeutet; im Einzelnen ist derselbe in den erwähnten beiden Abhandlungen und in der neueren Ausgabe von G. Hagen's Wahrscheinlichkeitsrechnung entwickelt, und kann auf diese erschöpfenden Herleitungen hingewiesen werden.

Indessen wird der besseren Uebersicht wegen nöthig sein, die Bezeichnung der gegebenen Gröfsen und der aus denselben zu ermittelnden Werthe, sowie die Hauptgleichungen für die Ermittelungen nach den angegeben Quellen hier kurz zusammenzustellen.

Es bezeichnen die Buchstaben:

k allgemein die Ordinaten, die Beobachtungswerthe der mittleren, höchsten und niedrigsten Jahres-Wasserstände $(k_0\, k_1\, k_2 \cdots)$

b die Abscissen, die Zeiten $(b_0\, b_1\, b_2 \cdots)$

m die Anzahl der Beobachtungen.

Aus diesen gegebenen Werthen sind nach der Methode der kleinsten Quadrate zu ermitteln:

r die wahrscheinlichste Gröfse der Ordinate des Anfangsjahres.

s die Gröfse der stetigen, jährlichen Zu- oder Abnahme der Ordinaten.

w das als Einheitsmaafs einzuführende Maafs des wahrscheinlichen Fehlers.

$w(r)$ die Gröfse des wahrscheinlichen Fehlers für die Ordinate des Anfangsjahres.

$w(s)$ die Gröfse des wahrscheinlichen Fehlers für die jährliche stetige Aenderung.

Ferner bezeichnet:

$q = \frac{s}{w(s)}$ den Quotienten, welcher die Gröfse der jährlichen Aenderung mit der Gröfse des wahrscheinlichen Fehlers derselben vergleicht.

xx die Fehlerquadrate, d. h. die Quadrate der Abweichungen der berechneten stetig wachsenden oder stetig abnehmenden Ordinaten von den bezüglichen Beobachtungsgröfsen.

Endlich wird durch die Parenthesen $(k)\,(b)\,(bb)\,(kb)\,(xx)$ die Summe aller gleichnamigen Gröfsen angedeutet.

Aus der Voraussetzung einer gleichen und stetigen jährlichen Aenderung ergiebt sich die Gleichung

$$k = r + bs \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{I.}$$

Für die Bestimmung der beiden Unbekannten r und s gelten die Bedingungsgleichungen

$$\left.\begin{aligned} r &= \frac{(k)\cdot(bb) - (b)\cdot kb}{m\cdot(bb) - (b)\cdot(b)} \\ s &= \frac{m\cdot(kb) - (k)\cdot(b)}{m\cdot(bb) - (b)\cdot(b)} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad \text{II.}$$

Das Maafs des wahrscheinlichen Fehlers findet sich, unter Berichtigung der abweichenden Angaben auf Seite 21 des Jahrgangs 1881 der Zeitschrift für Bauwesen und auf Seite 76 der zweiten Ausgabe von Hagen's Wahrscheinlichkeitsrechnung, wo der Coefficient durch Druckfehler resp. zu $0,_{4745}$ und $0,_{647486}$ angegeben ist, durch den Ausdruck

$$w = 0,_{6745} \sqrt{\frac{(xx)}{m-2}} \quad \ldots\ldots \quad \text{III.}$$

Die Gröfse des wahrscheinlichen Fehlers für r und s folgt aus den Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} w(r) &= w \sqrt{\frac{(bb)}{m(bb) - (b)(b)}} \\ w(s) &= w \sqrt{\frac{m}{m(bb) - (b)(b)}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad \text{IV}$$

In Betreff der bekannten Werthe ist zu beachten, dafs für die Beobachtungszeit von 1835 bis incl. 1880

$$m = 46$$
$$(b) = 1035$$
$$(bb) = 31395$$

sich ergiebt.

Die übrigen maafsgebenden, bekannten Werthe, sowie die aus den vorstehenden Gleichungen berechneten Haupt-Resultate sind in der Tabelle auf S. 185/186 zusammengestellt. Nach Columne 7 dieser Tabelle sind die wahrscheinlichsten Linien, welche die stetig steigenden oder stetig fallenden Wasserstandsänderungen angeben, gestrichelt und schwach anschraffirt in die graphisch dargestellten Beobachtungs-Resultate auf Blatt C eingetragen.

Bedeutsam und zu weiteren Schlufsfolgerungen geeignet werden jedoch diese Resultate erst durch die in den übrigen Columnen der Tabelle gegebene weitere Prüfung des wahrscheinlichen Fehlers, insbesondere durch die Vergleichung der Gröfse der Aenderung in den Wasserständen, Columne 6, mit dem wahrscheinlichen Fehler dieser Aenderung, Columne 11, welche Vergleichung durch Ermittelung des Quotienten $q = \frac{s}{w(s)}$ in Columne 12 durchgeführt ist.

Der wahrscheinliche Fehler ist nach der Gleichung III lediglich bedingt durch die Werthe von x, d. h. durch die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von den wahrscheinlichen Werthen derselben, welche letzteren aus der Voraussetzung einer Stetigkeit der Wasserstandsänderungen ermittelt sind; oder mit andern Worten, seine Gröfse ist bedingt durch die Schwankungen der Wasserstände, wie sie in der Beobachtungszeit durch den wechselnden Einflufs nasser oder trockener Jahre stattgefunden haben.

Wenn nun der Werth s in Columne 6, die wahrscheinliche jährliche Aenderung der Wasserstände, kleiner ist, als der Werth des entsprechenden wahrscheinlichen Fehlers $w(s)$ Columne 11, d. h. wenn der bezügliche Werth q (Columne 12) < 1 ist; so liegt der Werth s der jährlichen Aenderung vollständig innerhalb der Grenze der jährlichen unregelmäfsigen Schwankungen der beobachteten Wasserstände, es ist also in den Fällen, wo q ein ächter Bruch ist, aus den Beobachtungen nicht wahrscheinlich, dafs die Wasserstände sich in anderer Weise geändert haben, als es eben lediglich durch den wechselnden Einflufs nasser und trockener Jahre bedingt wird.

Ist dagegen $s > w(s)$ oder $q > 1$, so zeigt dieser Werth an, dafs die wahrscheinliche jährliche Aenderung über die wahrscheinliche Grenze der Schwankungen mehr oder weniger hinausreicht, dafs also andere Einflüsse, als die durch wasserreiche oder trockene Jahre bedingten, mehr oder weniger wahrscheinlich sind.

In Columne 13 ist das Maafs der Wahrscheinlichkeit für die Einwirkung äufserer Ursachen in bestimmten Zahlenwerthen angegeben, welche nach Anhang B der 2. Ausgabe von Hagen's Wahrscheinlichkeitsrechnung ermittelt sind.

1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14
Pegel zu	Bezeichnung der betreffenden Wasserstände	(k)	(kb)	r	s	Ordinate für		(xx)	w	$w(r)$	$w(s)$	q	Wahrscheinlichkeit f. die Abhängigkeit der berechn. stetigen Aenderungen v. d. Einwirk. äufserer, nicht in d. jährlichen Schwankungen liegender Ursachen	Bemerkungen.
						1835 m	1880 m							
Oppeln (Unterpegel)	Höchster Jahreswasserstand	201,13	4514,54	4,4026	−0,0013	4,40	4,34	27,2844	0,5311	0,1541	0,0059	0,23	0,123222	Die Beobachtungen der niedrigsten Jahreswasserstände an den Pegeln zu Cosel und Oderberg, welche theils über, theils unter Null liegende Wasserstände enthalten, sind der einfacheren Berechnung wegen auf — 1 am Pegel oder auf 1 m unter Null reducirt. In Col. 7 der Tab., welche für d. graph. Darstellung benutzt ist, sind indessen die berechn. wahrscheinl. Ordinaten, in gleicher Weise wie für d. übrig. Pegel, wieder auf Null reduc. angeg. Die Werthe q in Col. 12 sind nicht aus den in Col. 6 u. 11 abgerundet angeg. vierstellig. Decimalbrüchen, sondern etwas genauer aus sechsstelligen betreffenden Zahlen ermittelt.
	Jahresmittel . . .	79,04	1789,47	1,6875	+0,0014	1,69	1,75	2,2100	0,1512	0,0439	0,0017	0,81	0,415087	
	Niedrigster Jahreswasserstand	48,18	1087,95	1,0366	+0,0005	1,04	1,06	0,6890	0,0844	0,0245	0,0009	0,51	0,269091	
Krappitz	Höchster Jahreswasserstand	230,74	5162,79	5,0962	−0,0036	5,10	4,93	51,2179	0,7277	0,2111	0,0081	0,44	0,233337	
	Jahresmittel . . .	91,38	2047,38	2,0106	−0,0011	2,01	1,96	2,8162	0,1706	0,0495	0,0019	0,56	0,294206	
	Niedrigster Jahreswasserstand	53,20	1170,47	1,2301	−0,0033	1,23	1,08	1,2419	0,1133	0,0329	0,0013	2,60	0,920513	
Cosel (Unterpegel)	Höchster Jahreswasserstand	211,39	4727,16	4,6762	−0,0036	4,68	4,51	50,8334	0,7250	0,2103	0,0081	0,45	0,238376	
	Jahresmittel . . .	48,47	1120,29	0,9712	+0,0037	0,97	1,14	3,8729	0,2001	0,0581	0,0022	1,65	0,733980	
	Niedrigster Jahreswasserstand	53,20	1236,18	1,0478	+0,0048	0,05	0,26	1,0128	0,1023	0,0297	0,0011	4,25	0,995829	
Ratibor	Höchster Jahreswasserstand	234,27	5242,89	5,1710	−0,0035	5,17	5,01	52,9860	0,7402	0,2148	0,0082	0,42	0,222960	
	Jahresmittel . . .	68,12	1495,90	1,5830	−0,0045	1,58	1,38	2,6463	0,1654	0,0480	0,0018	2,47	0,904124	
	Niedrigster Jahreswasserstand	29,44	622,61	0,7504	−0,0049	0,75	0,53	1,7756	0,1355	0,0393	0,0015	3,26	0,972023	
Oderberg	Höchster Jahreswasserstand	152,53	3258,46	3,7973	−0,0214	3,80	2,83	30,7520	0,5639	0,1636	0,0063	3,42	0,978885	
	Jahresmittel . . .	37,03	689,63	1,2034	−0,0177	1,20	0,41	3,8853	0,2004	0,0581	0,0022	7,89	0,999999	
	Niedrigster Jahreswasserstand	50,91	1011,13	1,4796	−0,0166	+0,48	−0,27	3,2771	0,1841	0,0534	0,0020	8,11	0,999999	

Zur näheren Erläuterung dieser Zahlen ist zu bemerken, dafs z. B. durch den ersten, für die höchsten Jahreswasserstände in Oppeln angegebenen Werth $0,_{123222}$ angedeutet wird, dafs unter einer Million Beobachtungen nur 123222 Fälle durch die Einwirkung äufserer Ursachen bedingt werden, während 876778 Fälle lediglich von den Schwankungen nasser oder trockener Jahre abhängig sind.

Drückt man die Wahrscheinlichkeit durch den anschaulichen Begriff des Wetters aus, so kann man in diesem Falle $\frac{876778}{123222}$ = rund 7 zu 1 wetten, dafs die Einwirkung anderer Ursachen, als der jährlichen Schwankungen, nicht vorhanden ist.

In gleicher Weise ergiebt z. B. der Werth $0,_{995829}$ für die niedrigsten Wasserstände am Coseler Pegel, dafs hier unter einer Million Beobachtungen 995829 Fälle die Einwirkung äufserer Ursachen constatiren, und nur 4171 Fälle vorkommen, welche von den jährlichen Schwankungen abhängig sind. Man kann also in diesem Falle $\frac{995829}{4171}$ = rund 239 zu 1 wetten, dafs hier andere Einwirkungen, als die jährlichen Schwankungen, den für die Beobachtungs-Periode ermittelten wahrscheinlichsten Werth der jährlichen Aenderung des Wasserstandes bedingen.

Aus der Tabelle ergeben sich nun für die verschiedenen Wasserstands-Gruppen in der Beobachtungs-Periode von 1835 bis incl. 1880 die folgenden Resultate:

Die mittleren Wasserstände zeigen in Oppeln und Cosel ein Steigen um 6 cm resp. 17 cm, in Krappitz, Ratibor und Oderberg ein Fallen um resp. 5 cm, 20 cm und 79 cm in 46 Jahren.

Während jedoch das Steigen und Fallen in Oppeln und Krappitz völlig innerhalb der Grenze der jährlichen Schwankungen sich hält, d. h. also hier eine stetige Einwirkung anderer Ursachen, als die durch nasse oder trockene Jahre gegebene, aus den Beobachtungen nicht zu constatiren ist, vielmehr nur daraus hervorgeht, dafs die mittleren Wasserstände an beiden Pegelstellen sich überhaupt nicht geändert haben: so ergeben die Beobachtungen zu Cosel mit geringerer Wahrscheinlichkeit, diejenigen zu Ratibor und namentlich zu Oderberg mit überwiegend grofser Wahrscheinlichkeit die Einwirkung anderer Ursachen, in Cosel auf ein stetiges Steigen, in Ratibor und in Oderberg auf ein stetiges, entschiedenes Fallen der Mittel.

Nimmt man wie in den Hagen'schen Abhandlungen als Grenze für die Gewifsheit der Einwirkung äufserer Ursachen den Umstand an, dafs mindestens unter 10 Fällen nur einer sich innerhalb der Grenzen der jährlichen Schwankungen hält, so ist solche Gewifsheit sowohl in Ratibor, als insbesondere in Oderberg entschieden vorhanden.

In Cosel ergeben die betreffenden Zahlen in Columne 12 und 13, dafs das dort ermittelte stetige Steigen der Mittel unter rund 4 Fällen einmal innerhalb der Grenzen der jährlichen Schwankungen bleibt, während für drei Fälle die Einwirkung anderer Ursachen anzunehmen ist.

Die höchsten Jahreswasserstände zeigen an allen Pegeln ein Fallen, und zwar in der Reihenfolge der Pegel von Oppeln an aufwärts von resp. 6 cm, 17 cm, 17 cm,

16 cm und 97 cm (zu Oderberg) in den 46 Beobachtungsjahren.

Während jedoch an den vier untersten Pegeln die stetige Aenderung erheblich kleiner ist, als der von den Schwankungen abhängige wahrscheinliche Fehler derselben, also eine Aenderung der Hochwasserstände nach den Beobachtungen an diesen vier Pegeln überhaupt nicht als wahrscheinlich sich ergiebt, so constatiren wiederum die Oderberger Beobachtungen, dafs die dortige erhebliche, stetige Senkung der Hochwasserstände die $3{,}_{42}$ fache Gröfse ihres wahrscheinlichen Fehlers erreicht.

Nach den gegebenen Erörterungen ist daher dort mit Gewifsheit die Einwirkung äufserer Ursachen auf das stetige Fallen anzunehmen, da aus den bezüglichen Zahlen in Columne 13 der Tabelle sich ergiebt, dafs unter 47 Fällen nur einer sich innerhalb der Grenzen der jährlichen Schwankungen hält.

Die niedrigsten Jahreswasserstände ergeben für Oppeln und Cosel ein Steigen von resp. 2 cm und 21 cm in 46 Jahren, in Krappitz, Ratibor und Oderberg ein Fallen von beziehungsweise 15 cm, 22 cm und 75 cm in derselben Zeit.

Während indessen für Oppeln die Zahlen in Columne 12 und 13 constatiren, dafs das dortige, geringfügige jährliche Steigen durchaus innerhalb der Grenze der jährlichen Schwankungen liegt, indem die stetige jährliche Aenderung nur etwa halb so grofs ist, als ihr von den Schwankungen abhängiger wahrscheinlicher Fehler, stellt sich für das Steigen in Cosel, sowie für das Fallen in Krappitz, Ratibor und Oderberg die Gewifsheit der Einwirkung äufserer Ursachen heraus.

Drückt man die Wahrscheinlichkeit durch den Begriff des Wettens aus, so kann man für das Steigen in Cosel 239 gegen 1, für das Fallen in Krappitz, Ratibor und Oderberg resp. 12, 35 und über eine Million gegen 1 wetten, dafs die ermittelte stetige Aenderung durch andere Ursachen, als durch die jährlichen Schwankungen bewirkt wird.

Die Resultate der vergleichenden Zusammenstellung zeigen zunächst die auffallende und zu einer näheren Erörterung anregende Erscheinung, dafs die mittleren, höchsten und niedrigsten Jahreswasserstände in Oderberg, abweichend von den übrigen, insbesondere auch den Oppelner Beobachtungen, ein entschiedenes stetiges Fallen documentiren, welches nicht nur in seiner absoluten Gröfse von resp. $2{,}_{1}$ cm, $1{,}_{8}$ cm und $1{,}_{7}$ cm jährlich, sondern besonders auch durch den Umstand bemerkenswerth erscheint, dafs hier überall die Abhängigkeit des stetigen Fallens von der Einwirkung äufserer, nicht in den jährlichen Schwankungen nasser und trockener Jahre liegender Ursachen mit Gewifsheit constatirt ist.

Vornehmlich ist das überwiegende Hervortreten dieser Erscheinung auch bei den Jahresmitteln beachtenswerth, weil für dieselben jede einzelne, zu den Untersuchungen benutzte Zahl bereits aus 365 resp. 366 Einzelbeobachtungen resultirt, demnach diese Zahlen an sich schon durch die Art ihrer Ermittelung eine zuverlässigere Grundlage für allgemeine Schlufsfolgerungen gewähren, als die auf je einer jährlichen Beobachtung beruhenden Extreme der Jahreswasserstände.

Fragt man nun nach der Ursache dieser auffallenden Erscheinung in Oderberg, so ist die etwaige Vermuthung, dafs das entschiedene Fallen der dortigen mittleren, höchsten und niedrigsten Wasserstände, welches für die mittleren und niedrigsten Wasserstände auch noch in Ratibor sich zeigt, durch eine Verminderung der aus dem dortigen obersten Quellengebiete der Oder zugeführten Wassermenge veranlafst sei, schon durch eine Vergleichung mit den Beobachtungen in Cosel unter Berücksichtigung der bezüglichen Abflufsgebiete als nicht zutreffend zu erweisen.

Denn um solche Vermuthung in Einklang zu bringen mit dem gerade entgegengesetzten Verhalten der mittleren und niedrigsten Wasserstände in Cosel, müfste man schon nothwendig zu der Annahme seine Zuflucht nehmen, dafs jene vermuthete Verminderung der Zuflufsmenge aus dem obersten Abflufsgebiete bis Oderberg resp. Ratibor wieder ausgeglichen und überwogen wurde durch eine Vermehrung der Zuflufsmenge aus den Zuflufsgebieten zwischen Ratibor und Cosel.

Ein Blick auf die Uebersichtskarte Blatt 29 zeigt indessen schon, wie geringfügig das letztere Gebiet gegenüber dem Zuflufsgebiete der obersten Oder, der Oppa, Ostrawitza und Olsa ist, und folgt schon daraus die völlige Unhaltbarkeit der Annahme eines überwiegenden Ausgleichs bis Cosel, also auch die Unhaltbarkeit der Vermuthung einer Abnahme der Zuflufsmenge aus den obersten Flufsgebieten bis Ratibor.

Beiläufig mag hier angeführt werden, dafs bei Gelegenheit der vorliegenden Untersuchungen auch über die Veränderungen im Waldbestande der obersten, im Herzogthume Oesterreichisch-Schlesien belegenen Flufsgebiete Ermittelungen angestellt sind, und möge es gestattet sein, zur Berichtigung vielfach verbreiteter, nicht zutreffender Annahmen über die Behandlung der Waldbestände dieses, den weitaus überwiegenden Theil des obersten Quellengebietes der Oder enthaltenden Terrains einige speciellere Daten anzuführen.

Sie sind entnommen aus einem umfangreichen Materiale von statistischen Zusammenstellungen und von Special-Mittheilungen der Ober-Forstbeamten, welche durch die gütige Vermittelung des k. k. Ober-Baurath Ritter von Wavra-Hohenstrafs in Wien und des k. k. Baurath Piscasek in Troppau dem Einsender zugegangen sind.

Aus diesem reichhaltigen Materiale ergeben sich als hierher gehörige Hauptresultate aus den Katasteraufnahmen, dafs von der $89{,}_{46}$ Quadratmeilen betragenden Gesammtfläche des Herzogthums Oesterreichisch-Schlesien $76{,}_{20}$ Quadratmeilen auf das Odergebiet, und $13{,}_{26}$ Quadratmeilen auf das Weichselgebiet in der Bezirkshauptmannschaft Bielitz entfallen.

Ueber den Waldbestand in diesen Gebieten sind für die Jahre 1835 und 1836 und ferner für den Bestand im Jahre 1879 Kataster aufgenommen.

Darnach hat in den Jahren 1835 und 1836 der Waldbestand im dortigen Odergebiete — in den Bezirkshauptmannschaften Freiwaldau, Freudenthal, Jägerndorf, Troppau, Freistadt und Teschen — $25{,}_{57}$ Quadratmeilen (255745 Joch) betragen, also $33{,}_{6}$ pCt. der angegebenen Fläche des Odergebietes.

In demselben Gebiete hat nach der neuen Katasteraufnahme im Jahre der Waldbestand 1879 $26{,}_{34}$ Qua-

dratmeilen (263365 Joch) betragen, also $34{,}_6$ pCt. der Fläche.

Es hat demnach von 1836 bis 1879 die Waldfläche in den zum Odergebiete gehörenden $76{,}_{20}$ Quadratmeilen um $0{,}_{77}$ Quadratmeilen, oder um rund 1 pCt. der Fläche zugenommen.

Aufser dem erwähnten, im Herzogthume Oesterreichisch-Schlesien befindlichen Odergebiete liegen in Mähren noch $4{,}_{33}$ Quadratmeilen Waldfläche, welche ebenfalls zum Quellengebiete der Oder gehören, über welche Fläche indessen nähere Katasterangaben hier nicht vorliegen.

Nebenbei ist noch zu erwähnen, dafs nicht alle Waldflächen des Odergebietes in Oesterreichisch-Schlesien nach dem obersten Theile der Oder bis Oderberg resp. Ratibor hin entwässern, vielmehr führt nahezu ein Viertheil jener Flächen das Quellwasser und Tagewasser durch die Hotzenplotz und Neifse dem weiter unterhalb Ratibor belegenen Stromlaufe zu.

Es erhellt aus den angegebenen Zahlen zur Genüge, dafs die mehrfach aufgestellten und veröffentlichten Theorieen über den Einflufs von Entwaldungen auf die Abflufsverhältnisse der Flüsse — auch abgesehen von ihrer Zuverlässigkeit überhaupt — auf das obere Odergebiet und die in Frage kommende Beobachtungsperiode schon aus dem einfachen Grunde keine Anwendung finden können, weil hier keine Entwaldungen in dieser Periode vorgekommen sind, vielmehr für den weitaus überwiegenden Theil des obersten Odergebietes und für den ganzen Zeitraum, den die Wasserstands-Beobachtungen umfassen, eine sorgsame und pflegliche Behandlung des Waldbestandes zu constatiren ist, wie sich dieses auch näher aus den reichhaltigen Special-Mittheilungen über die grofsen Waldcomplexe ergiebt.

Es ist oben bereits nachgewiesen, dafs die Vermuthung einer Abnahme der Wassermenge als Erklärung der aus den Beobachtungen bei Oderberg und Ratibor hervortretenden Erscheinungen zu unlösbaren Widersprüchen führt, wenn man damit die Beobachtungen an den unteren Pegelstationen vergleicht.

Auch eine Unsicherheit in dem Stande der Pegel ist nicht anzunehmen, da letzterer seit der ersten Anbringung der Pegel verschiedentlich geprüft und unverändert befunden ist. So haben insbesondere bei Oderberg, wo man bereits in den vierziger Jahren wegen der damals schon auffallenden Senkung der mittleren und niedrigsten Wasserstände eine Unsicherheit in dem Pegelstande vermuthete, aufser den allgemeinen Revisionen noch specielle, eingehende Untersuchungen stattgefunden, welche jedoch nur das Ergebnifs geliefert haben, dafs die Höhenlage des Pegels dort eine berücksichtigungswerthe Veränderung nicht erlitten hat.

Demnach werden die äufseren Ursachen für ein stetiges Steigen oder Fallen der betreffenden Wasserstände, da wo sie mit Gewifsheit aus den Beobachtungen constatirt werden können, lediglich zu suchen sein in localen Einwirkungen auf die Pegelstände, und zwar durch Veränderung des gewöhnlichen Stromschlauches sowohl, als des Hochwasserbettes an den Pegelstellen und unterhalb derselben.

Dergleichen Veränderungen sind nun allerdings nachweisbar vorgekommen.

Im Allgemeinen ist in dieser Hinsicht zunächst zu erwähnen, dafs man nach den Kriegsjahren im Anfange dieses Jahrhunderts, insbesondere seit dem Jahre 1819, der Verbesserung der Abflufsverhältnisse der Oder wieder eine gröfsere Aufmerksamkeit zugewendet hat. Damals sind durch den Ober-Landes-Baudirector Eytelwein die leitenden Grundsätze für die Behandlung des stark verwilderten Stromes festgestellt, nach denen sodann in der Praxis durchgreifend verfahren ist.

Wenn nach diesen Normen auf den Strom in zweifacher Hinsicht eingewirkt werden sollte, einmal durch Verbesserung der Vorfluth, und andererseits durch thunlichste Erhaltung und Vermehrung der Fahrtiefe im Schifffahrts-Interesse, so ist für die Ausführungen in der Stromstrecke von Oderberg bis Ratibor ausschliefslich, und zum Theil auch für die Strecke unterhalb Ratibor das Vorfluths-Interesse maafsgebend gewesen, während daneben die Einrichtungen im Schifffahrts-Interesse in ganz überwiegendem Maafse den untersten Stromstrecken von Cosel abwärts zu Gute gekommen sind.

Die auf die ganze Stromstrecke Einflufs übenden Maafsnahmen im Vorfluths-Interesse bestanden im Wesentlichen in einer sorgfältigen Handhabung der Wasserbau-Polizei nach den maafsgebenden Bestimmungen der Ufer-Ward- und Hegungs-Ordnung, in Beseitigung von Abflufshindernissen aller Art im Stromschlauche, in Regulirung und Deckung der Ufer, in partiellen Begradigungen oder Abflachung starker Krümmungen, in sorgsamer Cultur der Werder durch Pflanzungen, beziehungsweise durch geregelten Abtrieb der Weidenbestände etc. Auch im Hochwasserbette, im Inundationsprofile des Thales, sind in den obersten Strecken Verbesserungen durch Beseitigung von Abflufshindernissen eingetreten, welche auf eine Senkung der Hochwasserstände von unmittelbarem Einflusse sein mufsten. So ist z. B. zu erwähnen, dafs die auf älteren Karten aus den ersten Decennien dieses Jahrhunderts in den obersten Strecken noch angegebene Bewaldung des Stromthales selbst ganz beseitigt ist. Wenn auch die dadurch erfolgte Verminderung der Waldfläche nicht von wesentlicher Bedeutung ist, so wirkt doch unzweifelhaft eine Bewaldung des Hochwasserbettes selbst unmittelbar auf vermehrten Aufstau, ein Abtrieb solcher Bewaldung auf Senkung des Hochwasserspiegels.

Die Maafsnahmen im Schifffahrts-Interesse bestanden im Wesentlichen neben den angeführten Verbesserungen noch in der Herstellung eines auf eine normale Breite durch Buhnenbauten eingeengten, in der Situation passend regulirten Bettes für Mittel- und Niedrigwasser, und ist diese Verbesserung, wie bereits erwähnt, in völlig überwiegendem Maafse für die im Schifffahrts-Interesse wichtigere Stromstrecke von Cosel abwärts bis zur Neifsemündung mit erheblichen Anlagen planmäfsig erstrebt.

Es liegt die Vermuthung nahe, dafs eine der Ursachen, welche das verschiedenartige Verhalten der Wasserstände an den beiden obersten und an den unteren Pegeln des Bezirkes bewirken, in der angegebenen, eine lange Reihe von Jahren hindurch nachhaltig durchgeführten verschiedenen Behandlung der betreffenden Stromstrecken zu finden ist. Diese Vermuthung wird noch durch den Umstand unterstützt, dafs gerade bei Cosel, wo über die Grenzen der jährlichen

Schwankungen hinaus ein entschiedenes Steigen des Mittel- und Niedrigwassers auffallend hervortritt, während die Hochwasserstände sich innerhalb dieser Grenzen halten, solche Corrections-Anlagen, welche ganz besonders auf die mittleren und niedrigen Wasserstände in der beobachteten Richtung einwirken, durch zahlreiche und ausgedehnte Buhnenanlagen und regelmäfsige Einschränkung der Erbreiterungen des verwilderten Strombettes ausgeführt sind.

Andere, noch schärfer localisirte und unmittelbar auf die Pegelstände bei Oderberg und Ratibor Einflufs übende Ursachen sind noch in den Einflüssen veränderter Bauwerke im dortigen Strome und zwar an den Pegelstellen selbst und unmittelbar unterhalb zu vermuthen.

Die alte Oderbrücke bei Oderberg, die unterhalb der neueren Eisenbahnbrücke, an welcher der Pegel nachher angebracht ist, gelegen hat, ist im Winter 1837/38 wegen Baufälligkeit ganz beseitigt, und ist die jetzige Eisenbahnbrücke im Jahre 1848 hergestellt worden.

Wenn nun auch auf die genaue Erhaltung des Pegels in unveränderter früherer Höhe bei diesen baulichen Veränderungen vorsichtig Bedacht genommen ist, so sind doch zweifellos mit dem Abbruche und der Herstellung dieser Bauwerke Aenderungen im Profile des dortigen Stromschlauches theils unmittelbar ausgeführt, theils angebahnt, denen man wohl nicht ohne Grund einen wesentlichen Einflufs auf das dortige auffallende Verhalten der Wasserstände zuschreiben darf.

Die bedeutenden Oderdurchstiche zwischen Olsau und Ratibor, welche die Stromstrecke von Oderberg bis Ratibor von 41 km auf 31 km abgekürzt haben, werden unzweifelhaft auf die Senkungen, insbesondere des Hochwasserspiegels bei Oderberg, wesentlichen Einflufs ausgeübt haben und auch ferner ausüben; eine ausreichende Erklärung des gesammten Verhaltens der Wasserstände bei Oderberg ist indessen in dem Einflusse dieser Begradigungen um so weniger zu suchen, als dieselben erst in dem letzten Theile der Beobachtungs-Periode ausgeführt sind, während die stetigen Senkungen der Wasserstände dort schon lange Jahre vorher merkbar hervortreten.

Bei Ratibor ist ebenfalls ein lediglich localer Einflufs zu constatiren, den man mit noch gröfserer Wahrscheinlichkeit als eine wesentliche Ursache der dortigen stetigen Senkungen der Mittel- und der niedrigsten Wasserstände bezeichnen kann.

Wie bereits erwähnt, hat dort früher unterhalb der Pegelstelle ein Wehr gelegen. Wenn dasselbe auch bereits vor Beginn der Beobachtungs-Periode im Ganzen und Grofsen niedergelegt ist, so sind damit doch nicht sofort die Einwirkungen fortgeschafft, welche das Wehr auf die Ausbildung des Längenprofiles und der Querprofile des Stromes in seinem langen, unvordenklichen Bestande ausgeübt hat.

Hier hat erst der Strom selbst im Laufe langer Jahre allmälig das durch das Wehr gestörte Gleichgewicht in den Abflufsprofilen wiederherstellen müssen, und ist dabei noch bis in die letzte Zeit ab und an Nachhilfe nöthig geworden, wie z. B. noch im letzten Jahre Pfähle, altes Strauchwerk und Schutt ausgeräumt worden sind.

Die Vermuthung, dafs das für Ratibor constatirte Vorhandensein einer fremden Ursache des Verhaltens der dortigen Pegelstände in den Einflüssen des Wehres wesentlich zu suchen ist, gewinnt dadurch noch an Bedeutung, dafs die Gewifsheit äufserer Ursachen nur für die stetige Senkung der mittleren und niedrigsten Wasserstände, nicht aber des Hochwassers, sich ergiebt, ein Umstand, der den mit höheren Wasserständen abnehmenden Einwirkungen eines Wehres auf das relative Gefälle durchaus entspricht.

Für die Hochwasserstände ist neben der Höhe derselben auch die Dauer der Inundationen von praktischer Bedeutsamkeit, und geben die Beobachtungen genügende Anhaltspunkte zu den bezüglichen Ermittelungen.

Diese Ermittelungen sind für den Oppelner Unterpegel für die ganze Beobachtungsperiode von 1811 bis incl. 1880 durchgeführt.

Die Ufer des Stromes liegen hier durchschnittlich in einer Höhe, dafs sie bei einem Wasserstande von 4 m über Null am Oppelner Unterpegel eben überströmt sind; es ist daher der Pegelstand von 4 m und darüber für die Inundation im Allgemeinen als maafsgebend anzusehen.

Da die Beobachtungen in der Regel nur täglich einmal, zur Mittagszeit angestellt sind, und aufserdem nur der Scheitelpunkt des Hochwassers nach Zeit und Höhe notirt ist, demnach der Zeitpunkt, in welchem beim Steigen und wieder beim Fallen der Stand von 4 m gerade erreicht ist, in den meisten Fällen nicht unmittelbar aus den Notizen der Beobachtungs-Tabellen zu ersehen ist: so hat die Annahme gemacht werden müssen, dafs von dem letzten Stande unter 4 m bis zum ersten Stande über 4 m, den die Beobachtungstabellen ergeben, ein gleichmäfsiges Steigen, und ebenso von dem letzten Stande über 4 m bis zum wieder erreichten ersten Stande unter 4 m ein gleichmäfsiges Fallen stattgefunden hat.

Unter dieser, hinreichende Genauigkeit ergebenden Annahme ist die Anfangszeit und der Endpunkt jeder Inundation und daraus die Dauer derselben nach Stunden ermittelt, und ist diese Dauer für jedes Jahr in Tage mit 2 Decimalstellen umgerechnet.

Blatt 29 giebt an Stelle einer Tabelle die graphische Darstellung dieser Resultate in der Weise, dafs die Beobachtungsjahre die Abscissen, und die nach Tagen ermittelte Dauer der Inundationen in jedem einzelnen Jahre die Ordinaten bilden.

In ähnlicher Weise, wie für die Wasserstände selbst, ist sodann auch für diese Resultate nach der Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinlichste jährliche Aenderung der Dauer und der wahrscheinliche Fehler dieser Aenderung, wie er sich aus den jährlichen Schwankungen der Inundationsdauer ergiebt, berechnet, und zwar sind diese Berechnungen für die ganze Dauer aller Beobachtungen von 1811 bis incl. 1880, und ferner auch für die beschränktere Periode von 1835 bis incl. 1880 ausgeführt.

Die wahrscheinlichsten Linien für die ermittelten stetigen Aenderungen sind, ebenso wie bei den Wasserstands-Beobachtungen auf Blatt C, gestrichelt und schwach anschraffirt, für beide Perioden eingetragen.

Unter Beibehaltung der für die Ordinaten, Abscissen etc. gewählten Bezeichnungen ergeben diese Berechnungen folgende Resultate:

Uebersicht der mittleren, höchsten und niedriegsten Jahreswasserstände, beobachtet an den Hauptpegeln der Oder im Regierungsbezirk Oppeln.

Jahr | Jahres-Wasserstände: höchster, mittlerer, niedrigster

Unter-Pegel zu Oppeln. | Pegel zu Krappitz. | Unter-Pegel zu Cosel. | Pegel zu Ratibor. | Pegel zu Oderberg.

Bemerkung. Die wahrscheinlichsten Linien für die Aenderungen der höchsten, mittleren und niedrigsten Jahreswasserstände in der Beobachtungs-Periode von 1835 bis incl. 1880 sind gestrichelt und schwach anschraffirt gezeichnet.

Ernst & Korn, Berlin. Lith. Anst. v. C. Muller Berlin, Neander-Str. 7.

Für die 70jährige Beobachtungsperiode von 1811 bis incl. 1880.

$(k)=317{,}49$ Tage $\qquad (xx)=1885{,}5803$

$(b)=2415 \qquad w=3{,}5518$

$(kb)=11554{,}93 \qquad w(r)=0{,}8400$

$(bb)=111895 \qquad w(s)=0{,}0210$

$r=3{,}8094$

$s=+0{,}0210 \qquad q=\frac{s}{w(s)}=1{,}00$

Ordinate f. 1811 $=3{,}81$
Ordinate f. 1880 $=5{,}26$

Relative Wahrscheinlichkeit $=0{,}500000$

Für die 46jährige Beobachtungsperiode von 1835 bis incl. 1880.

$(k)=227{,}93$ Tage $\qquad (xx)=1340{,}0308$

$(b)=1035 \qquad w=3{,}7223$

$(kb)=4818{,}00 \qquad w(r)=1{,}0800$

$(bb)=31395 \qquad w(s)=0{,}0413$

$r=5{,}8165$

$s=-0{,}0383 \qquad q=\frac{s}{w(s)}=0{,}93$

Ordinate f. 1835 $=5{,}82$
Ordinate f. 1880 $=4{,}09$

Relative Wahrscheinlichkeit $=0{,}469323$.

Es ergiebt sich also in der längeren Beobachtungs-Periode von 1811 bis 1880 eine wachsende, in der kürzeren Periode von 1835 bis 1880 eine abnehmende Dauer der jährlichen Inundation.

Das bedeutsamste und wichtigste Ergebnifs ist indessen der Umstand, dafs in beiden Perioden der wahrscheinliche Fehler der jährlichen Aenderung der Inundationsdauer eben so grofs, wie diese selbst, beziehungsweise (für die 46jährige Periode) um etwas gröfser, als diese jährliche Aenderung ist.

Folglich geben die Beobachtungs-Resultate keine Veranlassung, in den Abflufsverhältnissen oder in sonstigen Eigenschaften des Stromes irgendwo besondere Ursachen zu vermuthen, welche auf eine stetige Zunahme der Inundation einwirken.

Das Resultat ist auch insofern von Bedeutung, als die untersuchte Dauer der Inundationen in näherer Beziehung zu den Wassermengen des Stromes steht, wie die Pegelstände allein, und daher die obige Schlufsfolgerung in gewisser Weise auch für die Hochwassermengen des Stromes Gültigkeit hat.

Im hiesigen Bezirke und auch wohl über die Grenzen desselben hinaus ist die Ansicht vielfach verbreitet, dafs das Sommerhochwasser der Oder von 1880 eine kaum jemals in gleichem verheerenden Umfange dagewesene Inundation veranlafst habe.

Es ist von praktischem Interesse, diese Ansicht auf Grund der Beobachtungen näher zu prüfen, und durch schärfere Vergleichung der bedeutenderen, im Laufe der Beobachtungsperiode vorgekommenen Sommerüberschwemmungen das Thatsächliche solcher allgemeinen Behauptung zu untersuchen.

Letzteres erscheint um so nothwendiger, als aus solcher, als erwiesene Thatsache hingestellten Vermuthung gefolgert wird, dafs der Umfang und die Höhe der einzelnen Inundationen durch Einflüsse der fortschreitenden Cultur etc. mehr und mehr gesteigert seien, dadurch zugleich als erwiesen angenommen wird, dafs solchen zunehmenden Einflüssen gegenüber die bisherige Behandlungsweise des Stromes als eine praktisch unzulängliche anzusehen und aufzugeben sei, dafs vielmehr gefordert werden müsse, durch neu aufzufindende Mittel und Wege der immer wachsenden Calamität entgegenzuarbeiten.

Ergiebt sich jene weit verbreitete Voraussetzung einer Steigerung der Hochwasser-Calamität für die Oder als nicht zutreffend, so sind auch die daraus gezogenen Schlufsfolgerungen mehr oder weniger hinfällig.

Es sind bereits die Höhen der höchsten Jahreswasserstände, und ebenso ist die jährliche Gesammtdauer der Inundationen in der bezeichneten Richtung geprüft, und hat sich für beide Eigenschaften der Hochwasserstände herausgestellt, dafs nach den Beobachtungen besondere Ursachen, welche eine Steigerung der Höhe und der Dauer bewirken, nicht vorhanden sind.

Von besonderem praktischen Werthe für die erschöpfende Erörterung der Frage ist jedoch noch eine unmittelbare Vergleichung der einzelnen bedeutenderen Sommer-Ueberschwemmungen selbst, nach den Jahren ihres Eintrittes geordnet und in ihren bedeutsamsten Eigenschaften durch Zahlen dargestellt. Dabei ist wohl zu beachten, dafs solche Bedeutsamkeit nicht blos durch die Höhe, sondern daneben auch recht wesentlich durch die Dauer der Inundation bedingt wird.

Es sind daher für die Beobachtungsperiode von 1811 bis incl. 1880 am Oppelner Unterpegel diejenigen Sommerüberschwemmungen, — genauer diejenigen in den Monaten Mai bis incl. September stattgehabten Inundationen, — deren Dauer 50 Stunden oder mehr betragen hat, in der nachfolgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt:

Jahr	Dauer der Inundation		Höchster Stand	
	Datum	Stunden	Datum	üb. Null am Oppelner Unterp. m
1813	27. August bis 3. September	180	28. August	6,04
1813	13. bis 16. September . .	65	15. Septbr.	4,45
1821	27. Juni bis 1. Juli . . .	104	29. Juni	4,81
1826	2. bis 7. Mai	116	3. Mai	5,41
1828	31. August bis 3. September	71	2. Septbr.	4,55
1829	14. bis 18. Mai	88	16. Mai	5,20
1829	13. bis 16. Juni	70	14. Juni	4,67
1831	13. bis 19. September . .	151	15. Septbr.	5,86
1833	15. bis 21. September . .	139	18. Septbr.	5,39
1844	27. bis 30. Mai	84	29. Mai	4,21
1844	24. bis 27. September .	86	26. Septbr.	4,68
1845	20. bis 25. Juli	128	22. Juli	5,10
1847	14. bis 20. Juni	142	16. Juni	5,54
1847	30. Juni bis 3. Juli . . .	61	2. Juli	4,60
1854	20. bis 29. August	218	22. August	5,70
1855	21. bis 23. Mai	63	22. Mai	4,87
1877	24. bis 27. Mai	61	26. Mai	4,54
1879	9. bis 11. Juni	50	10. Juni	4,30
1879	16. bis 19. Juni	86	18. Juni	5,10
1880	6. bis 10. August	78	8. August	5,30
	Summe	2041		100,32
	Mittel	102		5,02

Die vergleichende Zusammenstellung zeigt, dafs von den zwanzig bedeutenderen Sommerüberschwemmungen, welche in den 70 Jahren von 1811 bis 1880 vorgekommen sind, zwölf eine längere Dauer, und sechs eine gröfsere Höhe erreicht haben, als das Sommerhochwasser von 1880.

Die Dauer des letzteren bleibt mit 78 Stunden nicht unerheblich (um 24 Stunden) hinter der mittleren Dauer der verzeichneten zwanzig Sommerüberschwemmungen zurück, während die 1880 erreichte Höhe die mittlere Höhe um 28 cm überschreitet.

Die Sommerüberschwemmungen von 1813 und 1854 haben die $2{,}_3$ fache resp. die $2{,}_8$ fache Dauer der Inundation von 1880 erreicht, und die letztere an Höhe um 74 cm resp. 40 cm überstiegen; es ist daher die Ueberschwemmung von 1880 auch nicht annähernd mit jenen verheerenden Ereignissen von 1813 und 1854 auf gleiche Linie zu stellen, vielmehr berechtigt die vergleichende Uebersicht nur zu dem Schlusse, dafs das Sommerhochwasser von 1880 unter Berücksichtigung der Dauer und Höhe zusammen kaum einen mittleren Platz unter den bedeutenderen Sommerüberschwemmungen einnimmt.

Die beregten übertriebenen Auffassungen von der Bedeutsamkeit des letzten Sommerhochwassers in Bezug auf vermeintliche Steigerung des gefährlichen Charakters des Stromes sind demnach auch durch die specielle Vergleichung mit den übrigen bedeutenderen Sommerüberschwemmungen als nicht zutreffend erwiesen, also sind die daraus gezogenen Folgerungen hinfällig.

Wenn es nun allerdings bei diesen klar vorliegenden Verhältnissen auffallend erscheint, dafs eine solche nicht zutreffende Ansicht insbesondere bei den Oderanwohnern sich hat bilden und weite Verbreitung gewinnen können, so liegt die Erklärung dafür wohl hauptsächlich in der aus der vergleichenden Uebersicht hervorgehenden Thatsache, dafs die ungewöhnlich grofsen und verheerendsten Sommerüberschwemmungen alle einer früheren Periode angehören, während in einer langen Pause von 21 Jahren — von 1856 bis 1876 — ein bedeutenderes Sommerhochwasser überhaupt nicht stattgefunden hat, dann aber den Sommerüberschwemmungen von 1879 gleich wieder die stärkere Ueberschwemmung von 1880 gefolgt ist.

Durch die lange Ruhepause mag die Erinnerung an die früheren, weit gröfseren Calamitäten wesentlich abgeschwächt sein, auch wird die Ueberschätzung der vermeintlich immer gefahrdrohender werdenden Einwirkungen des Stromes insbesondere bei den Bewohnern des Oderthales noch durch den von den Eigenschaften des Stromes allerdings ganz unabhängigen, zufälligen Umstand verstärkt sein, dafs das letzte Hochwasser gerade zu einer Zeit eintrat, wo noch viel Korn geschnitten im Felde stand, und dadurch manchem Grundbesitzer im Inundationsgebiete ein empfindlich fühlbarer Schaden zugefügt wurde.

Aus den verschiedenen vergleichenden Zusammenstellungen der Beobachtungs-Resultate und der näheren Prüfung derselben geht, kurz zusammengefafst, als Hauptergebnifs hervor, dafs eine im Entwässerungs- oder Vorfluths-Interesse ungünstige Aenderung der Oder-Wasserstände überhaupt nicht eingetreten ist, wohl aber in dieser Beziehung günstige locale Aenderungen, insbesondere in den obersten Theilen des hiesigen Stromlaufes zu constatiren sind.

Auch die aufserhalb der Grenzen der jährlichen Schwankungen liegende Steigerung der niedrigsten Wasserstände unterhalb Cosel ist bei den dortigen localen Verhältnissen ganz ohne Bedeutung für die Vorfluth, zumal die hohen Wasserstände dort an dieser Steigerung nicht Theil nehmen.

In den unteren Stromstrecken ist wie erwähnt bereits seit einer langen Reihe von Jahren planmäfsig auf Correction des Fahrwassers im Schifffahrts-Interesse hingearbeitet. Wenn nun die Beobachtungen ergeben, dafs an den betreffenden unteren Pegeln insbesondere die mittleren Wasserstände nur die Abhängigkeit von den Schwankungen wasserreicher oder trockener Jahre zeigen, so ist dieses Resultat als ein günstiges zu bezeichnen in Anbetracht des Umstandes, dafs durch jene planmäfsigen Correctionen ganz unzweifelhaft eine wesentliche Vertiefung und Verbesserung des Fahrwassers gegen den früheren verwilderten Zustand erreicht ist.

Von besonderer Bedeutsamkeit ist ferner der Umstand, dafs das in neuerer Zeit mehrfach behauptete und als eine selbstverständliche Thatsache angenommene Auseinandergehen der Extreme, die fortwährende Steigerung der Hochgewässer und die fortwährende Senkung des niedrigsten Wassers, aus den vorliegenden Beobachtungen in keiner Weise zu constatiren ist, dafs also diese vermeintlichen nachtheiligen Einwirkungen einer fortschreitenden Cultur der Flufs- und Stromgebiete für die obere Oder überhaupt gar nicht vorhanden sind.

Es ist vielmehr mit gröfster Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dafs da, wo sich über das Maafs der jährlichen Schwankungen hinausgehende, stetige Aenderungen der Wasserstände mit Gewifsheit zeigen, solche Aenderungen unmittelbaren, localen Einwirkungen auf die Capacität und die Beschaffenheit etc. der Profile des eigentlichen Stromschlauches, beziehungsweise des Hochwasserbettes entspringen, und demgemäfs in der räumlichen Ausdehnung und in ihrem Höhenmaafse auch für die Zukunft durch engere Grenzen beschränkt sein werden.

A. Pralle.

Wassermessungen in der Weser.

(Mit Zeichnungen auf Blatt D im Text.)

Im Herbst 1880 und im Frühjahr 1881 sind im Weserstrombezirk Rinteln eine Anzahl Geschwindigkeits-Messungen in der Weser ausgeführt worden, die den Zweck hatten, als Grundlage für noch auszuführende Flufscorrectionen die in der Weser abgeflossenen Wassermengen und den Coefficienten C der allgemeinen Geschwindigkeitsformel $v_m = C\sqrt{RJ}$ zu bestimmen.

Diese Messungen dürften in einigen Resultaten allgemeineres Interesse beanspruchen, und ist daher der Unterzeichnete mit der Veröffentlichung derselben beauftragt worden.

Bei den Messungen ist ein Woltmann'scher Flügel (Patent Sendtner) benutzt worden, für dessen Umdrehungszahlen die bezüglichen Geschwindigkeiten durch Versuche

sehr sorgfältig bestimmt waren. Es ist dies derselbe Flügel, welcher bereits von dem Herrn Wasser-Bauinspector Schattauer im Centralblatt der Bauverwaltung und vom Regierungs-Baumeister Hasse im Wochenblatt für Architekten und Ingenieure erwähnt worden ist. Bezeichnet n die Anzahl der Umdrehungen des Flügels in einer Secunde, so ist die zugehörige Geschwindigkeit des Wassers

$$v = 0{,}_{196086} \{n + \sqrt{0{,}_{182835} + n^2}\},$$

woraus sich diejenige Geschwindigkeit, bei welcher der Flügel keine Umdrehungen mehr macht, $v_{n=0} = 0{,}_{08385}$ m ergiebt.

Für die Ausführung der Messungen ist die von dem Herrn Regierungs- und Baurath Lange in Cassel vorgeschriebene Instruction maafsgebend gewesen. — Um einen Anhalt zur Beurtheilung der Zuverlässigkeit der erhaltenen Resultate zu geben, möge das beobachtete Verfahren kurz beschrieben und eine der Messungen in ihren Elementen vorgeführt werden.

Bei allen Untersuchungen sind zunächst die Geschwindigkeiten 20 cm unter dem Wasserspiegel in je $4{,}_0$ m Entfernung von einander gemessen worden, wobei angenommen wurde, dafs die gemessenen Geschwindigkeiten von denen in der Oberfläche vorhandenen nicht verschieden seien. Dann sind in 4 bis 5 Verticalen die Geschwindigkeiten in gröfseren Tiefen gemessen worden, und zwar wurden die tieferen Punkte in Abständen von $0{,}_{30}$ bis $0{,}_{50}$ m je nach der Tiefe der Verticalen angenommen, wobei der unterste Punkt so nahe der Sohle gewählt wurde, als sich ohne Gefahr für den Flügel thun liefs.

Bei der Messung der einzelnen Geschwindigkeiten war der Flügel mindestens zweimal je 120 Secunden der Einwirkung des Wassers ausgesetzt; ergaben sich zu abweichende Umdrehungszahlen, so wurde diese Operation so lange fortgesetzt, bis sich nahezu gleiche Umdrehungszahlen einstellten.

Aus den in einer Verticalen gemessenen Geschwindigkeiten wird nun die mittlere Geschwindigkeit in dieser Verticalen unter der Annahme berechnet, dafs die Abnahme der Geschwindigkeiten in derselben nach dem bekannten Parabelgesetze erfolgt, wobei die Axe der Parabel horizontal und 20 cm unter dem Wasserspiegel liegend vorausgesetzt wird. Die Bestimmung des Parameters der Parabel erfolgt nach der Methode der kleinsten Quadrate; man erhält dann die Geschwindigkeit an der Sohle und endlich die mittlere Geschwindigkeit v_m aus der Division der Parabelfläche vermehrt um das Rechteck $0{,}_2 \cdot v_0$ durch die ganze Tiefe der Verticalen. Bildet man jetzt für jede Verticale die Verhältnifszahl $\frac{v_m}{v_0}$ aus der mittleren und der Oberflächen-Geschwindigkeit, nimmt die Entfernung der Verticalen vom Ufer zu Abscissen, trägt die Werthe $\frac{v_m}{v_0}$ als Ordinaten auf und verbindet deren Endpunkte durch eine Curve, so läfst sich mit Hilfe derselben an jeder Stelle der Werth $\frac{v_m}{v_0}$ angeben und daraus die mittleren Geschwindigkeiten in den Verticalen an den verschiedenen Messungspunkten berechnen. Aus letzteren wird in ähnlicher Weise eine Curve gebildet, deren Ordinaten die an den betreffenden Stellen in der Verticalen herrschenden mittleren Geschwindigkeiten darstellen.

Das Querprofil wird in $2{,}_0$ m Entfernung gepeilt, und ist die durch einen 2 m breiten Streifen geflossene Wassermenge gleich dem Product aus der Fläche des Streifens und der aus der Curve der v_m zu entnehmenden mittleren Geschwindigkeit; die Summe aller dieser Producte ergiebt die ganze vom Flusse abgeführte Wassermenge.

Zur Fixirung des Wasserspiegels an der Messungsstelle und zur Gefällbestimmung wurden im Messungsprofil und 50 m ober- und unterhalb scharf abgeschnittene (eiserne) Pfähle an jedem Ufer ins Wasser geschlagen, deren Köpfe vor und nach jeder Messung doppelt einnivellirt wurden. Beim Fortschreiten von einem Messungspunkte zum andern ist an den 6 Pfählen die Entfernung des Wasserspiegels vom Pfahlkopf gemessen worden. Ebenso wurde der Wasserspiegel am Pegel zu Rinteln halbstündlich während einer Messung notirt.

Nach diesen Vorbemerkungen dürften die nachfolgenden Tabellen, welche die Elemente der später mit Nr. VIII bezeichneten Messung enthalten, leicht verständlich sein. In Bezug auf die in Fig. 1 auf Blatt D beigefügte graphische Darstellung dieser Messung ist zu bemerken, dafs im Querprofil diejenigen Punkte, an denen Geschwindigkeiten gemessen wurden, durch kleine Kreise bezeichnet sind, ebenso sind in den Curven $\frac{v_m}{v_0}$, v_0 und v_m die direct gemessenen oder aus directen Messungsgröfsen abgeleiteten Werthe durch Kreise markirt.

In dieser Weise sind 11 Messungen ausgeführt, und zwar 8 im Hauptprofil, $5{,}_6$ km oberhalb des Rintelner Pegels, 1 im ersten Nebenprofil, $16{,}_3$ km oberhalb, und 2 im zweiten Nebenprofil, 5 km unterhalb desselben Pegels. Der letztere, auf welchen sich alle Messungen beziehen, zeigt das mittlere niedrige Sommerwasser auf $+ 0{,}_{00}$, das absolute H. W. auf $+ 5{,}_{41}$ m, das absolute N. W. auf $- 0{,}_{26}$ m.

Die nachfolgenden Tabellen I u. II enthalten die Resultate der 11 Messungen nach Pegelständen geordnet; Tabelle I giebt neben den direct gemessenen Profilgröfsen t, F, p, R, J, v_0 (letzteres aus der Curve entnommen) noch die Wassermenge Q an, während Tabelle II die hieraus abgeleiteten Werthe v_m, $\frac{v_m}{v_0}$ und C enthält.

Nimmt man die Pegelstände als Ordinaten, die zugehörigen Wassermengen als Abscissen an, so liegen die Endpunkte der letzteren nach übereinstimmenden Annahmen auf einer Parabel. In vorliegendem Falle war aus den Messungen Nr. IV, III, II, V und VI der Parameter dieser Parabel $= \frac{1}{33{,}_{523}}$ gefunden worden, wobei der Scheitel derselben $1{,}_{20}$ m unter den Nullpunkt des Rintelner Pegels fiel, in welcher durchschnittlichen Tiefe auch die Sohle des Flusses liegt. Die unter günstigeren Witterungsverhältnissen ausgeführten Messungen Nr. IX, VIII, VII ergaben von den Werthen der berechneten Curve so unwesentliche Abweichungen, dafs eine Correctur der Constanten unterbleiben konnte. Demnach ist die Gleichung der Parabel als Wassermengencurve für den Pegel zu Rinteln

$$Q_1 = 33{,}_{523} (1{,}_{20} + y)^2,$$

worin y die Pegelablesung in m bedeutet. In Tabelle II haben die unter Benutzung dieser Gleichung abgeleiteten Werthe für v_{1m} und C_1 Indices erhalten.

VIII. Geschwindigkeits-Messung in der Weser am 19. Mai 1881.

A. Die Oberflächen-Geschwindigkeiten, sowie die Werthe $\frac{v_m}{v_0}$ und v_m.

Entfernung vom linken Ufer m	Anzahl der Flügelumdrehungen in 120 Sec.	Anzahl der Flügelumdrehungen in 1 Sec. (Mittel)	Zugehörige Geschwindigkeit v_0	Verhältnifszahl $\frac{v_m}{v_0}$	Mittlere Geschwindigkeit v_m	Bemerkungen.
4,0	187,25 189,75	1,57185	0,6275	0,855	0,5365	Morgens 9 Uhr.
8,0	220,75 225,50	1,85854	0,7385	0,8310	0,6137	Starker Wind von der Seite macht die Fixirung des Wasserspiegels unsicher.
12,0	238,50 237,00	1,98125	0,7859	0,8240	0,6478	
16,0	245,25 248,50	2,05729	0,8154	0,828	0,6752	
20,0	256,25 261,75	2,15833	0,8547	0,839	0,7171	2 Flöfse stromab.
24,0	255,75 262,25	2,15833	0,8547	0,8534	0,7294	
28,0	284,00 279,25	2,34788	0,9284	0,865	0,8031	
32,0	297,625 302,250	2,49948	0,9873	0,875	0,8639	
36,0	313,00 312,00	2,60417	1,0281	0,878	0,9027	
40,0	293,50 289,25	2,42813	0,9596	0,8512	0,8168	
44,0	267,00 271,50	2,24375	0,8879	0,834	0,7405	
48,0	249,00 243,25	2,05104	0,8130	0,833	0,6772	
52,0	259,75 256,00	2,14896	0,8510	0,860	0,7319	
56,0	252,375 251,500	2,09948	0,8318	0,8578	0,7135	
60,0	236,00 238,75	1,97813	0,7847	0,848	0,6654	
64,0	228,625 230,500	1,91302	0,7595	0,843	0,6403	Dampfer Wittekind passirt stromauf mit Schleppzug.
68,0	200,75 203,75	1,68542	0,6714	0,843	0,5660	
72,0	181,75 182,75	1,51875	0,6072	0,8528	0,5178	
76,0	163,00 162,75	1,35729	0,5452	0,875	0,4771	Nachmittag 3½ Uhr.
80,0	Rechtes Ufer.					

B. Geschwindigkeiten in Verticalen.

Tiefe der Flügelachse unter Wasser m	Anzahl der Flügelumdrehungen in 120 Sec.	Anzahl der Flügelumdrehungen in 1 Sec. (Mittel)	Zugehörige Geschwindigkeit	Aus der Parabel berechnete Geschwindigkeit
1. Verticale 8 m vom linken Ufer.				
0,20	—	—	0,7385	0,7385
0,70	192,00 189,50 195,50	1,60278	0,6396	0,6678
1,20	137,50 138,50	1,15000	0,4661	0,4558
1,44	Sohle			0,3039
$v_m = 0{,}6137$		$\frac{v_m}{v_0} = 0{,}8310$		
$P = 3{,}5379$				
2. Verticale 24 m vom linken Ufer.				
0,20	—	—	0,8547	0,8547
0,70	234,50 237,25	1,96568	0,7799	0,7999
1,20	193,75 192,75	1,61842	0,6425	0,6355
1,60	Sohle			0,4250
$v_m = 0{,}7294$		$\frac{v_m}{v_0} = 0{,}8534$		
$P = 4{,}5611$				
3. Verticale 40 m vom linken Ufer.				
0,20	—	—	0,9596	0,9596
0,70	257,00 254,25	2,13021	0,8437	0,9182
1,20	238,00 236,25	1,97604	0,7839	0,7941
1,70	186,50 184,50	1,54583	0,6176	0,5870
1,90	Sohle			0,4812
$v_m = 0{,}8168$		$\frac{v_m}{v_0} = 0{,}8512$		
$P = 6{,}0415$				
4. Verticale 56 m vom linken Ufer.				
0,20	—	—	0,8318	0,8318
0,70	231,50 235,00	1,94375	0,7714	0,7712
1,20	176,25 177,125	1,47240	0,5894	0,5894
1,50	Sohle			0,4222
$v_m = 0{,}7135$		$\frac{v_m}{v_0} = 0{,}8578$		
$P = 4{,}1262$				
5. Verticale 72 m vom linken Ufer.				
0,20	—	—	0,6072	0,6072
0,70	154,00 152,50	1,27708	0,5142	0,5391
1,00	132,00 132,00	1,10000	0,4469	0,4327
1,28	Sohle			0,2892
$v_m = 0{,}5178$		$\frac{v_m}{v_0} = 0{,}8528$		
$P = 3{,}6678$				

Fig. 2 auf Blatt D zeigt die Wassermengencurve, sowie die Profilgröfsen, welche, ähnlich wie die Wassermengen aufgetragen, nahezu in einer geraden Linie liegen.

In Fig. 3 sind die Oberflächengeschwindigkeits-Curven für die im Hauptprofil ausgeführten Messungen Nr. IV, III, IX, VIII, VII, V u. VI dargestellt, während Fig. 3a dieselben Curven für die beiden im zweiten Nebenprofil ausgeführten Messungen Nr. XI und X zeigt. Es betrug bei der

		der Pegelstand	die Wasserspiegelbreite
Messung Nr.	IV	+0,030 m	79,6 m
-	III	+0,070 -	79,8 -
-	IX	+0,295 -	80,0 -
-	VIII	+0,365 -	80,8 -
-	VII	+0,730 -	81,3 -
-	V	+1,170 -	83,0 -
-	VI	+1,570 -	96,0 -
-	XI	+0,195 -	73,0 -
-	X	+0,380 -	75,0 -

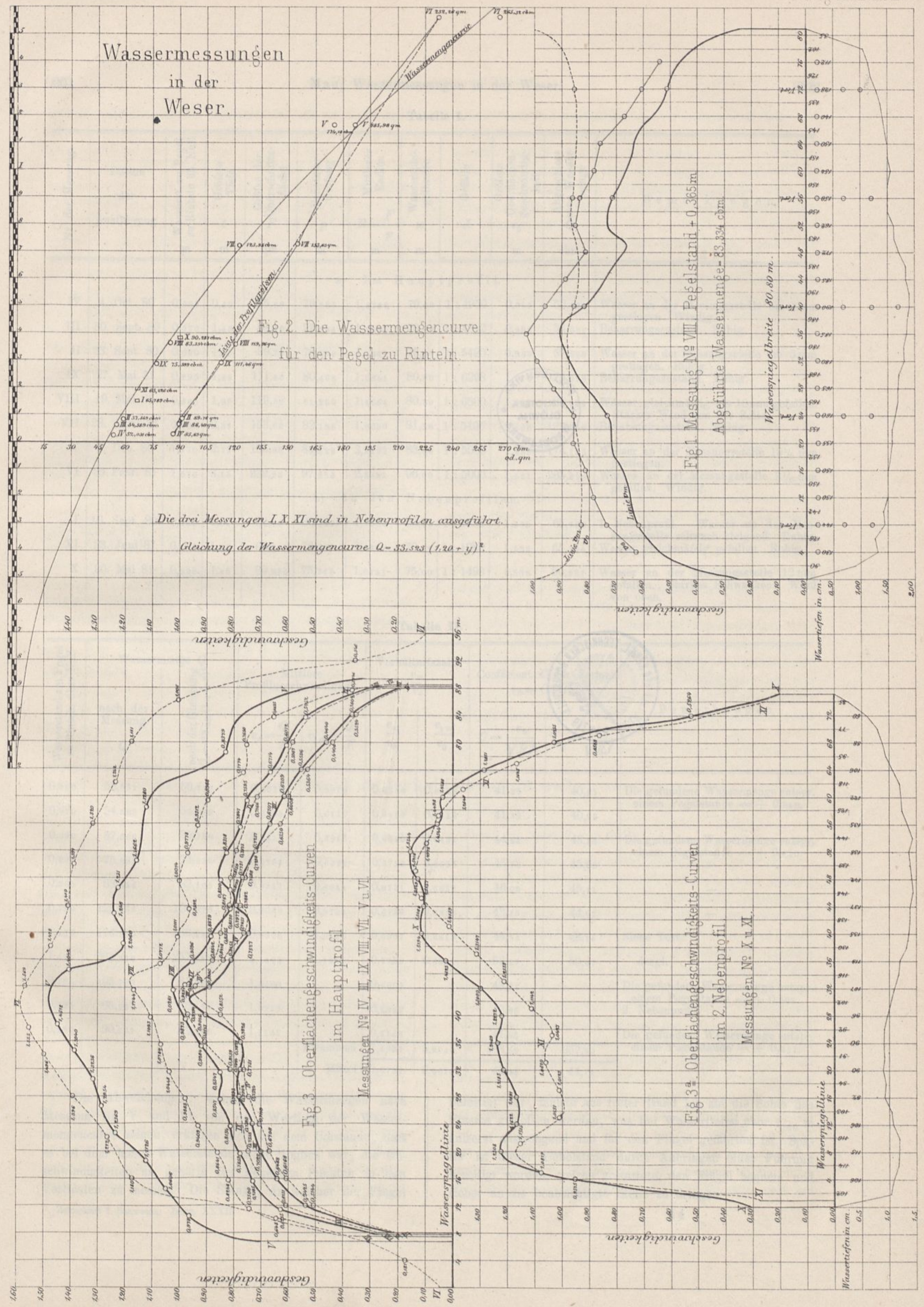

Wassermessungen
in der
Weser.
Fig. 2. Die Wassermengencurve
für den Pegel zu Rinteln.
Wassermengencurve
Linie der Profilgrößen
Die drei Messungen I, X, XI sind in Nebenprofilen ausgeführt.
Gleichung der Wassermengencurve Q = 33,593 (1,20 + y)².
Fig 1. Messung No VIII. Pegelstand + 0,365 m
Abgeführte Wassermenge = 83,334 cbm.
Wasserspiegelbreite 80,80 m.
Geschwindigkeiten
Wassertiefen in cm.
Fig 3. Oberflächengeschwindigkeits-Curven
im Hauptprofil
Messungen No IV, III, IX, VIII, VII, V u. VI.
Wasserspiegellinie
Fig 3a. Oberflächengeschwindigkeits-Curven
im 2 Nebenprofil
Messungen No X u. XI.

Tabelle I.

Nr. der Messung	Datum der Ausführung	Wasserst. am Pegel zu Rinteln üb. Null (m)	Gröfste Tiefe t (m)	Gröfse der Querschnittsfläche F (qm)	Benetzter Umfang p (m)	Mittlerer Radius $R = \frac{F}{p}$ (m)	Wasserspiegelbreite w (m)	Gefälle J	Gröfste Oberflächengeschwindigkeit v_0 (m)	Abgeschlossene Wassermenge Q (cbm)	Bemerkungen.
						a) Im Hauptprofil.					
IV	4. Oct. 80	0,030	0,40	85,69	79,887	1,0726	79,60	1 : 4950	0,955	52,031	Wasser an der Messungsstelle um 4 mm gestiegen. Windig.
III	30. Sept. 80	0,070	1,45	88,49	79,834	1,1084	79,80	1 : 4882	0,952	54,589	Beharrungszustand. Ruhig.
II	23. Sept. 80	0,090	1,45	89,76	79,876	1,1241	79,80	1 : 5420	0,966	57,569	Wasser an der Messungsstelle um 5 mm gestiegen. Ruhig.
IX	27. Mai 81	0,295	1,83	111,46	80,468	1,3851	80,00	1 : 6298	1,010	75,599	Beharrungszustand. Ruhig.
VIII	19. Mai 81	0,365	1,90	119,96	81,250	1,4764	80,80	1 : 6500	1,032	83,334	Wasser gleichmäfsig um 10 mm gefallen. Starker Wind von der Seite.
VII	28. April 81	0,730	2,34	153,63	82,198	1,8690	81,30	1 : 5495	1,190	123,950	Beharrungszustand. Ruhig.
V	7. Dec. 80	1,170	2,72	185,98	84,129	2,2107	83,00	1 : 5000	1,485	174,180	Wasser an der Messungsstelle 19½ mm gestiegen.
VI	25. Febr. 81	1,570	3,15	232,26	97,253	2,3881	96,00	1 : 5000	1,591	265,320	Wasser an der Messungsstelle 8½ mm gefallen. Windig.
						b) In den Nebenprofilen.					
I	16. Sept. 80	0,150	1,80	62,84	60,5229	1,0383	60,10	1 : 1852	1,573	65,789	1. Nebenprofil. Wasser an der Messungsstelle schwach steigend. Ruhig.
XI	23. Juni 81	0,195	1,16	60,715	73,249	0,8289	73,00	1 : 1282	1,552	65,226	Wasser gleichmäfsig gefallen. Ruhig.
X	30. Mai 81	0,380	1,45	80,855	75,348	1,0731	75,00	1 : 1493	1,558	90,287	Wasser an der Messungsstelle 12 mm gefallen. Starkes Schwanken. Wind von oben.

Tabelle II.

Wasserstand am Pegel zu Rinteln über Null	Wassermenge Q nach der Messung Q	Wassermenge Q nach der Gleichung $Q_1 = 33{,}523 (1{,}2 + x)^2$	Mittlere Profilgeschwindigkeit $v_m = \frac{Q}{F}$	Mittlere Profilgeschwindigkeit $v_{1m} = \frac{Q_1}{F}$	Verhältnifszahl $\frac{v_m}{v_0}$: $\frac{v_m}{v_0}$	Verhältnifszahl $\frac{v_m}{v_0}$: $\frac{v_{1m}}{v_0}$	Coefficient C der Formel $v_m = C\sqrt{RJ}$: $C = \frac{v_m}{\sqrt{RJ}}$	Coefficient C der Formel $v_m = C\sqrt{RJ}$: $C_1 = \frac{v_{1m}}{\sqrt{RJ}}$	Bemerkungen.
0,030	52,031	50,717	0,6072	0,5919	0,6358	0,6198	41,25	40,21	Die gefundene Wassermenge entspr. einem Pegelstande = + 0,046.
0,070	54,589	54,069	0,6169	0,6110	0,6480	0,6418	41,32	40,93	—
0,090	57,569	55,786	0,6414	0,6215	0,6640	0,6434	44,52	43,14	Die gefundene Wassermenge entspr. einem Pegelstande = + 0,110.
0,295	75,599	74,925	0,6783	0,6722	0,6716	0,6655	45,73	45,32	—
0.365	83,334	82,105	0,6947	0,6844	0,6731	0,6632	46,09	45,41	—
0,730	123,950	124,870	0,8068	0,8128	0,6780	0,6830	43,75	44,07	—
1,170	174,180	188,290	0,9366	1,0125	0,6307	0,6818	44,54	48,15	Siehe Text.
1,570	265,320	257,220	1,1423	1,1075	0,7180	0,6961	52,27	50,67	desgl.
0,150	65,789	61,096	1,0469		0,6655		43,21		Die gefundene Wassermenge entspr. einem Pegelstande = + 0,201.
0,195	65,226	65,237	1,0743		0,6922		42,26		2. Nebenprofil.
0,380	90,287	85,687	1,1167		0,7168		41,65		Die gefundene Wassermenge entspr. einem Pegelstande = + 0,441.
				zusammen	7,3937	5,2946	486.59	357,90	
				Mittel	0,6722	0,6618	44,24	44,74	

Die Abweichungen, welche die Wassermengen nach Messung Nr. V und VI von den Werthen der Wassermengencurve zeigen, erklären sich aus dem Umstande, dafs es bei dem hohen Wasserstande nicht möglich war, die Geschwindigkeiten an gehörig tief liegenden Punkten in den Verticalen zu messen. Die Stange, an welcher der Flügel befestigt war, mufste aus freier Hand bis auf die Sohle des Flusses gestofsen werden, was bei Wassertiefen über $1{,}60$ m äufserst anstrengend und für den Flügel gefährlich ist. Später ist dieser Uebelstand durch Anbringen einer Führung beseitigt worden, welche gestattete, den Flügel bequem und sicher an die beabsichtigte Stelle zu bringen.

Die Messung Nr. V, bei welcher die Axe der Verticalparabel, wie üblich, horizontal angenommen war, hat in Folge dessen eine zu kleine Wassermenge ergeben, während bei Messung Nr. VI, wo die Axe der Parabel, um nicht negative Sohlengeschwindigkeiten zu erhalten, senkrecht angenommen wurde, die Wassermenge zu grofs ausgefallen ist.

Auch bei Messung der Oberflächengeschwindigkeiten mufsten wegen der kurzen Tage einige Punkte bei diesen Messungen überschlagen werden. —

Es dürften noch einige Bemerkungen über die Abnahme der Geschwindigkeiten in den Verticalen anzuschliefsen sein.

Sieht man von den Verticalen der Messungen V und II, sowie von denen, in welchen nur 2 Punkte gemessen sind, ab, so geht von den übrigbleibenden 41 Verticalen in 6 Fällen die Parabel genau genug durch die Messungspunkte. In 30 Fällen schneidet die Parabel die Linie der Messungspunkte so, dafs nach ihr die Geschwindigkeiten in der Nähe des Wasserspiegels gröfser, in der Nähe der Sohle kleiner ausfallen, als nach der Messung. Der umgekehrte Fall ist in 3 Verticalen angetroffen, während in 2 Verticalen in den mittleren Punkten gröfsere Geschwindigkeiten gemessen sind, als die Parabel ergab, wobei sich diese jedoch an die oberen und unteren Messungspunkte gut anschlofs.

Bezeichnet noch

a die Tiefe, in welcher die horizontale Axe der Parabel unter Wasser angenommen wird,

P den Parameter der Parabel,

v_0 die Geschwindigkeit im Scheitel der Parabel,

v_m die mittlere Geschwindigkeit in den Verticalen,

t_m die Tiefe derselben unter Wasser und

t die ganze Tiefe der Verticalen,

so erhält man leicht unter der Voraussetzung, dafs die Geschwindigkeit vom Wasserspiegel abwärts bis zur Tiefe a sich nicht ändert, folgende Beziehungen:

$$v_m = v_0 - \frac{1}{P}\frac{(t-a)^3}{t}; \quad \frac{v_m}{v_0} = 1 - \frac{1}{P}\frac{(t-a)^3}{t \cdot v_0};$$

ferner

$$t_m = a + \sqrt{\frac{(t-a)^3}{3t}}; \quad \frac{t_m}{t} = \frac{a}{t} + \sqrt{\frac{1}{3}\left(1-\frac{a}{t}\right)^3},$$

woraus für $a = 0$

$$v_m = v_0 = \frac{t^2}{P}; \quad \frac{v_m}{v_0} = 1 - \frac{t^2}{P \cdot v_0}; \text{ ferner}$$

$$t_m = t\sqrt{\tfrac{1}{3}}; \quad \frac{t_m}{t} = \sqrt{\tfrac{1}{3}} = 0{,}577 \text{ folgt.}$$

Die Verhältnifszahl $\frac{v_m}{v_0}$ zeigt sich hiernach variabel mit P, t und v_0. Für $t = 0$ ist $\frac{v_m}{v_0} = \infty$; für $t = a$ folgt $\frac{v_m}{v_0} = 1$; $\frac{v_m}{v_0}$ wächst bei gröfseren P und gröfseren v_0, nimmt aber ab für wachsende t. Die aus den Messungen gefundenen Werthe variiren zwischen $0{,}7735$ und $0{,}8978$, als Mittelwerth aus sämmtlichen Verticalen ist $\frac{v_m}{v_0} = 8{,}8562$ (= rot. ⅞) erhalten.

Das Verhältnifs $\frac{t_m}{t}$ zeigt sich variabel mit t, wenn die Axe der Parabel nicht im Wasserspiegel liegt. $\frac{t_m}{t}$ wird = 1 für $a = t$; ist $t < a$, so ergeben sich imaginäre Werthe, während für das wachsende t sich der Ausdruck für $\frac{t_m}{t}$ der Constanten $\sqrt{\frac{1}{3}}$ nähert, welche für $a = 0$, d. h. wenn die Parabelaxe im Wasserspiegel liegt, erhalten wurde.

Rinteln, Nov. 1881.

Mau.

Der Holborn-Viaduct in London.

(Mit Zeichnungen auf Blatt E im Text.)

(Nach dem Berichte des Oberingenieurs Colonel W. Haywood mitgetheilt.)

Noch im vergangenen Jahrhundert wurde die City von London durch einen bei Fluthhochwasser für kleinere Schiffe zugänglichen Flufs, den Fleet River, von den westlichen Vororten getrennt. Die wichtigste Verkehrslinie, welche das Herz der City durchschneidet, der bei London Bridge beginnende Strafsenzug King William Street, Poultry, Cheapside, Newgate Street, der sich jenseits mit High Holborn und Oxford Street nach dem dichtbevölkerten „Westend" von London fortsetzt, erlitt hierdurch eine höchst lästige Unterbrechung. Die aus der City kommenden Wagen mufsten beim Newgate-Gefängnifs in eine enge, starkgekrümmte und sehr steile Strafse, Snow Hill, abbiegen, um die Holborn-Brücke zu erreichen. Auch auf dem westlichen Ufer bildete die Strafse Holborn Hill durch ihre Steilheit ein erhebliches Verkehrshindernifs, besonders bei feuchtem und nebeligem Wetter.

Im Jahre 1737 wurde der zwischen Holborn- und Fleet Bridge gelegene Theil des Fleet River überbrückt und auf dem so gewonnenen Terrain ein öffentlicher Markt, der in der englischen Literatur des vorigen Jahrhunderts vielgenannte Fleet Market, angelegt. 1804 entschlofs man sich zum Durchbruch der Skinner Street, welche das westliche Ende von Newgate Street in gerader Linie mit dem Ostende von Holborn Hill verband. Abermals 20 Jahre später zwang der immer gewaltiger anwachsende Verkehr dazu, jenen Markt aufzuheben und in der ganzen Länge des Fleetthales bis zur Blackfriarsbrücke die reichbelebte Farringdon Street, die bedeutendste Verbindungslinie der nördlichen mit den südlich der Themse gelegenen Stadttheilen herzustellen.

Je mächtiger die Grofsstadt sich entfaltete, um so empfindlicher machten sich die Mängel der von Farringdon Street aus nach den beiden Thalrändern führenden Rampen fühlbar. Skinner Street, deren mittlere Steigung 1 : 22 betrug, wurde im Jahre 1866 durchschnittlich von je 7500 Wagen per Tag befahren, Holborn Hill, deren Gradiente noch steiler war, sogar von 8500 Fuhrwerken. Ein grofser Theil des von Westen nach Osten quer durch London gehen-

den Verkehrs zog weite Umwege vor, um den häufigen Stockungen zu entgehen, welche in jener Strafsensenke unvermeidlich waren.

Im Jahre 1863 bearbeitete der Oberingenieur der City von London, Colonel W. Haywood, im Auftrage der städtischen Verwaltungsbehörde den Entwurf zur Erbauung eines Viaductes, welcher die hochgelegenen Strafsen Holborn und Newgate Street direct mit einander verbinden und Farringdon Street überbrücken sollte. Im Anschlufs an dieses Bauwerk erwies sich die Regulirung mehrerer angrenzenden Strafsen, die Beseitigung einer grofsen Anzahl baufälliger oder ungesunder Gebäude, die Ueberbrückung der inzwischen von der London, Chatham and Dover-Eisenbahngesellschaft östlich von Farringdon Street angelegten Stadtbahnlinie, sowie eine Reihe anderer Nebenarbeiten als nothwendig, welche sämmtlich dazu beigetragen haben, den Charakter eines der meistbesuchten Stadttheile der britischen Metropolis vollständig umzugestalten und, indem die Bedürfnisse des Verkehrs im vollsten Maafse erfüllt wurden, die Kreuzung der beiden verkehrsreichen Strafsen zu einem prächtigen Stadtbilde umzuwandeln.

Von allgemeinem Interesse ist die Anlage des Viaductes, welche im Folgenden nach dem von dem Erbauer, Herrn Colonel W. Haywood, mitgetheilten Abschlufsberichte näher beschrieben werden soll. Die Baukosten des Viaductes und der Strafsenverlegungen haben etwa 6750000 ℳ betragen, die Kosten des Grunderwerbs dagegen allein 36500000 ℳ, die Gesammtkosten 50 Mill. ℳ. Ein beträchtlicher Antheil dieser Summe ist dem städtischen Fiscus durch den Wiederverkauf von Grundstücksabschnitten, welche für die Neuanlage nicht erforderlich waren, zurückerstattet worden.

In Fig. 3 und 1 auf Bl. E ist Situation und Längenschnitt des Viaductes dargestellt. Seine ganze Ausdehnung vom „Viaduct Circus“ im Westen bis zum Anfang von Newgate Street im Osten beträgt 395 m. Seine gröfste Höhe mifst nahezu 10 m, seine Breite durchweg $24,_5$ m, wovon $15,_3$ m auf die Fahrbahn und je $4,_6$ m auf die beiden Bürgersteige entfallen. Die Gradiente seiner Krone besteht aus einer mittleren Horizontalen und 2 seitlichen Rampen mit dem Steigungsverhältnifs 1 : 196 und 1 : 200. Aufser Farringdon Street werden noch die Strafse Shoe Lane, sowie die London, Chatham und Dover-Eisenbahn überbrückt. Zwischen dem östlichen Ende und diesen 3 Unterführungen besteht der Viaduct aus einer grofsen Anzahl von Tonnengewölben, welche beiderseits von Tunnelgängen eingeschlossen werden, auf deren äufseren Seiten in 3 Etagen kleine Kellergewölbe angeordnet sind. Fig. 3 und 1, sowie der Querschnitt Fig. 5 veranschaulichen diese Anordnung. Die Tunnelgänge nehmen im unteren Theile die Canalisationsröhren auf, während der obere Theil (die „subways“) für die Einlagerung der Gas-, Wasser- und Kabelleitungen dient. Zwischen der Eisenbahnunterführung und Newgate Street mufste eine andere Constructionsmethode gewählt werden, da wegen der unmittelbaren Nähe von St. Sepulcre's Church die gröfste Vorsicht geboten war, um starken Seitenschub gegen die Tonnengewölbe zu vermeiden.

Der **Baugrund** erwies sich durchweg als gut. Sämmtliche Pfeiler- und Längsmauerfundamente sind bis in den blauen Londoner Thon (blue London clay) hinabgetrieben, die Fundamente der Endauflager und der Mittelpfeiler der Brücke über Farringdon Street sogar bis zur Tiefe von $3,_9$ m unter Fluthhochwasser oder $2,_1$ m unter die Sohle der an Stelle des ehemaligen Fleetflusses angelegten grofsen Sammelcanäle der städtischen Canalisation. Auf der östlichen Seite lag über dem Thon eine dünne Schicht Kies, welche mit aufgeschüttetem Boden von $1,_5$ bis $2,_5$ m Mächtigkeit überdeckt war. Das ehemalige Fleetthal war mit Schlick angefüllt; vielfach traf man auf Ueberreste alter Ufer- und Brückenbauten. Die **Fundamente** ruhen sämmtlich auf Betonschüttung von $1,_2$ bis $2,_3$ m Stärke. Bis zur Höhe des gewachsenen Bodens ist alles Mauerwerk aus Klinkern in hydraulischem Mörtel, über dem Boden dagegen aus gewöhnlichen Mauersteinen in Weifskalkmörtel hergestellt.

Die **Tonnengewölbe**, aus welchen der innere Theil des Viaductes auf zwei Drittel seiner Länge besteht, haben Lichtweiten von $6,_4$ m und sind, in ihrer Axrichtung gemessen, $13,_7$ m breit. Die Zwischenpfeiler sind mit Oeffnungen von je $3,_2$ m Weite durchbrochen, so dafs von den in Farringdon Street und Shoe Lane befindlichen Einfahrten aus alle Gewölberäume zugänglich gemacht sind. Jeder Gewölberaum ist mit 2 gemauerten Ventilationsöffnungen versehen, welche auf die Strafse ausmünden (Fig. 5). Wie in Fig. 4 und 6 gezeigt ist, kann man Verbindungsgänge zwischen den einzelnen Viaductgewölben und den angrenzenden Häusern herstellen, welche unter den „subways“ und über den Canalisationsröhren die Tunnelgänge durchbrechen. Auf diese Weise ist die Möglichkeit geschaffen, die inneren Gewölberäume an die Anlieger getrennt zu vermiethen, während sie andererseits, weil sie gleichfalls von den Strafsen aus zugänglich sind, auch im Ganzen an Grofsunternehmer verpachtet werden können. Die zwischen dem „Circus“ und Shoe Lane gelegenen 8 Oeffnungen hat z. B. eine Weingrofshandlung zu einem Weinlager in Besitz genommen; die trapezförmigen Gewölbe zunächst der Strafse sind als Comptoire ausgebaut. Um die Tonnengewölbe trocken zu halten, ist ihre äufsere Laibung mit einer Asphaltschicht bedeckt. Das auf derselben sich sammelnde Sickerwasser wird durch eiserne Rohre in die auf der Sohle der seitlichen Tunnelgänge befindlichen Abfuhrcanäle geleitet. Ueber jener Asphaltabdeckung liegt eine Zwickelausfüllung von grobem Kies, welche mit einer Betonschicht, auf der das Granitpflaster aufruht, überdeckt ist.

Die soeben beschriebenen Tonnengewölbe unterstützen die Fahrbahn des Viaductes. Unter den Rinnsteinen und dem vorderen Theile der Bürgersteige liegen die bereits genannten Tunnelgänge, welche unmittelbar unter der Strafse die **Rohrlagergänge** („subways“) aufnehmen. Diese Gänge haben dort, wo die Höhe des Viaducts ausreichend ist, $3,_5$ m Höhe und $2,_1$ m Weite. An der westlichen Seite nimmt ihre Höhe auf $2,_3$ m ab, während die Weite bis auf $3,_{65}$ m zunimmt. Ihre Decke ist mit halbkreisförmigen Gewölben abgeschlossen, die Seitenwände sind mit weifsen Burhamziegeln verkleidet, die Fufsböden aus kräftigen Sandsteinplatten (Yorkshire stones) gebildet. Ueber die Eisenbahnunterführung sind sie mit einer Blechträgerconstruction weggeleitet. Bei Shoe Lane fallen sie in verticalen, mit Treppen versehenen Schächten bis etwa $3,_6$ m unter Strafsenkrone, unter welcher sie mit $2,_1$ m Weite und $2,_4$ m Höhe quer hindurch geführt sind; die Decke wird von eiser-

nen Trägern gebildet. Bei Farringdon Street enden sie mit verticalen Schächten, welche nach der Strafse zu mit grofsen Doppelthüren, je einer dichten hölzernen und einer durchbrochenen eisernen Thür, geschlossen sind.

Die Ventilation findet statt: 1) entweder durch Oeffnung der Holzthüren in Farringdon Street, sowie ähnlicher bei Shoe Lane befindlichen Thüren und der an beiden Enden angelegten schachtartigen Oeffnungen, welche ähnlich wie die Reinigungsschächte der Canalisationen hergestellt sind. 2) Als continuirliche Ventilatoren wirken die 30 cm weiten gemauerten Röhren, welche auf die Bürgersteige ausmünden, sowie die Ventilationsrohre, welche mit den Laternenpfählen in Verbindung stehen. 3) Endlich hatte man in Aussicht genommen, Röhrenleitungen aus den „subways“ bis in die Nähe von Hauskaminen und längs derselben bis über die Dächer der anliegenden Häuser zu führen. Da sich jedoch die sonstige Ventilation als ausreichend erwies, um die nur sehr selten in lästiger Weise sich fühlbar machenden Gase zu entfernen, ist die letzterwähnte Methode nicht zur Anwendung gelangt.

Die „subways“ sind nur auf eine kurze Strecke mit natürlichem Lichte, das durch Linsengläser einfällt, welche man in den Ventilationsrohren angebracht hat, nothdürftig beleuchtet. Dagegen ist eine ausreichende Anzahl von Gaslichtern vorgesehen.

Mit den Rohrlagergängen des Viaductes sind die nach Charterhouse Street, St. Andrews Street und Snow Hill führenden „subways“, welche gleichfalls $2,_3$ m Höhe und $3,_{65}$ m Weite haben, in unmittelbare Verbindung gebracht.

Die Wasserröhren lagern auf gufseisernen Stühlen, welche direct auf den Sandsteinplatten stehen. Die Gasröhren, früher 2, jetzt, nachdem sich die beiden Gasfabriken (City of London und Great Central Gas Comp.) vereinigt haben, nur noch 1, lagern auf gufseisernen Wandconsolen, welche an den Aufsenseiten der Gänge angebracht sind. An den gegenüberliegenden Seiten sind gufseiserne Consolen zur Aufnahme der Telegraphenkabel angebracht. Man hat neuerdings auch die für die elektrische Beleuchtung nothwendigen Drahtleitungen in den „subways“ angelegt. Die Wasserröhren haben 35 cm, die Gasröhren 25 cm Durchmesser. Sie sind übrigens genau so construirt, wie bei der gewöhnlichen Verlegungsweise üblich ist. Da sie erheblich leichter controllirt und reparirt werden können, treten nur sehr selten Undichtigkeiten auf. Für die Hausanschlüsse sind an passenden Stellen Oeffnungen in der Seitenwand des Tunnelgangs frei gelassen.

Im unteren Theile der Tunnelgänge sind die Abfuhrcanäle angebracht, welche im Allgemeinen dem natürlichen Hange des Bodens folgen und in die beiden Sammelcanäle ausmünden, welche an der Stelle des ehemaligen Fleet River unter Farringdon Street sich hinziehen. Die Abfuhrcanäle liegen unmittelbar neben den inneren Wänden der Tunnelgänge, damit die aus den Strafsengullies abfallenden Röhren nur wenig aus der verticalen Richtung gelenkt zu werden brauchen. Ein gepflasterter Fufssteig nimmt den freigelassenen Theil der Breite des Tunnelganges ein. Natürlich ist der Höhenabstand zwischen diesem Fufssteig und dem Boden der darüberliegenden „subways“ ein variabeler; nach den Enden hin hört daher die Gangbarkeit vollständig auf.

Dieser untere Theil der Tunnelgänge wird durch quadratische Schächte und Röhren ventilirt, welche in den äufseren Wänden der Tunnelgänge vertical aufsteigen und unter den Bürgersteigen, senkrecht umgebogen, in die benachbarten Häuser geleitet sind, an deren Brandmauern sie durch Röhrenleitungen bis über Dach verlängert werden. Das Längsgefälle der Abfuhrcanäle beträgt 1 : 120 bis 1 : 13, so dafs überall eine selbstthätige Reinhaltung erfolgt.

Die Eingänge liegen in gleicher Höhe mit dem Strafsenpflaster sowohl auf Farringdon Street als auf Shoe Lane. An beiden Enden des Viaductes sind aufserdem noch Einsteigeschächte seitwärts der Canäle angebracht, um die Ventilation befördern und die Instandhaltung erleichtern zu können.

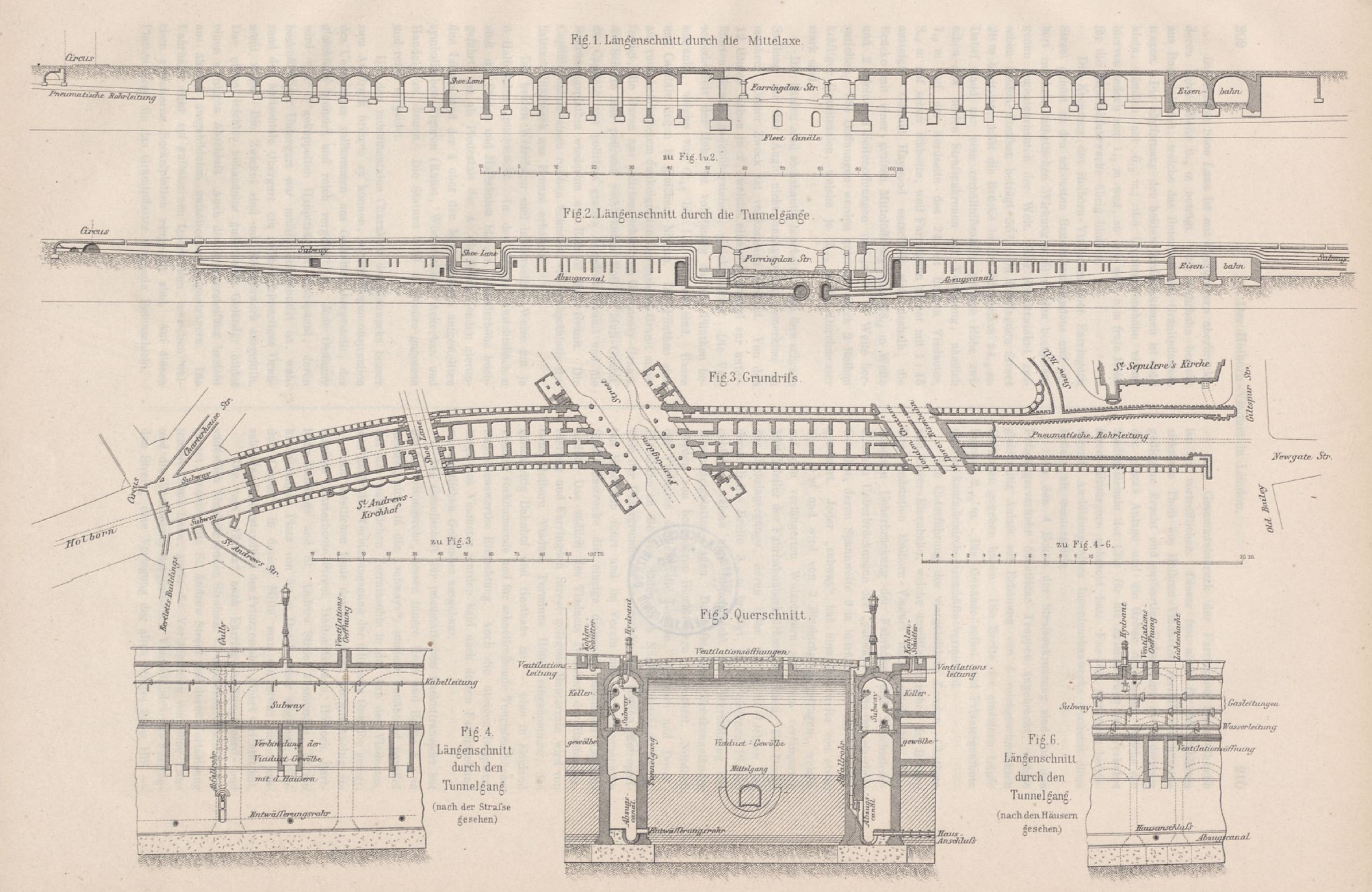
Die Strafsengullies sind mit gufseisernen Wasserverschlüssen und Sandfängern versehen, aus denen von Zeit zu Zeit der aufgesammelte Strafsenkoth entfernt werden mufs. Die Abfallschächte bestehen aus Thonröhren, welche in das Ziegelmauerwerk der Tunnelgangwände eingemauert sind. An ihrem unteren Ende münden sie in eine steile Schräge, auf welcher das Strafsenwasser direct in die Canäle fliefst. Um das Rücktreten schlechter Luft aus dem unteren Theile der Tunnelgänge in die Strafse zu verhindern, sind die Austrittsöffnungen mit gufseisernen, sehr dicht schliefsenden Klappen abgesperrt, welche nur so lange offen stehen, als eine ihr Eigengewicht überwiegende Wasserschicht im Abfallrohre steht, nach deren Abflufs sie wieder ventilartig zurückfallen.

Eine gröfsere Anzahl von Hausanschlüssen wurde sofort beim Neubau vorgesehen, um nicht nachträglich langwierige Aufbruchsarbeiten nöthig zu machen. Der gröfste Theil derselben ist bereits in Benutzung genommen. Sie bestehen aus Thonröhren, welche mit mäfsigem Gefälle von der Hausseite her dicht unter dem Fufssteig in den Abfuhrcanal münden. Mit Klappen sind sie deshalb nicht geschlossen, weil sie in unmittelbarem Zusammenhange mit den, bis über Dach führenden Steigeröhren stehen.

Zwischen den Tunnelgängen und den angrenzenden Gebäuden liegen in 3 Etagen über einander Reihen von kleinen Kellergewölben, etwa 3 m weit und $2,_1$ m tief, deren unterste Reihe nicht benutzt, sondern mit Erde zugefüllt ist, während die mittlere Reihe theilweise, die obere aber, die auch allein auf der ganzen Viaductlänge oder doch auf ihrem gröfsten Theile vorhanden ist, durchweg von den anliegenden Hauseigenthümern Benutzung gefunden hat. In London und den meisten englischen Städten sind nämlich die Bürgersteige unterkellert. Meistens dient die sogenannte „area“ als Aufbewahrungsort für die Kohlen, welche von der Strafse aus durch verschliefsbare, schachtartige Oeffnungen eingeschüttet werden. Die Beleuchtung der Kellerräume erfolgt in verschiedener Weise, neuerdings vielfach durch prismatische Glaslinsen, deren obere Seiten in gleicher Flucht mit der Oberfläche der Bürgersteige liegen.

Westlich von Shoe Lane mufste beim Bau des Viaductes ein Theil vom Kirchhofe der Andreasgemeinde (St. Andrew's Churchyard) weggenommen werden. An dieser Stelle sind statt der Kellergewölbe kräftige, verticalstehende Gewölbebogen eingespannt, welche sich gegen kleine, mit den Pfeilern der inneren Tonnengewölbe correspondirende Pfeiler stützen.

Der Holborn-Viaduct in London.



Die Strafse Shoe Lane ist mit Blechträgern überbrückt, deren lichte Weite $9,_2$ m beträgt. Die Fahrbahn besteht aus Buckelplatten, welche das Betonbett des Granitpflasters tragen. Die Entfernung der beiden Strafsenkronen ist sehr klein, nämlich nur $6,_2$ m; die Constructionshöhe nimmt hiervon jedoch nur $1,_2$ m weg, so dafs noch 5 m freie Höhe für die Strafsenfuhrwerke übrig bleiben.

Die Kreuzung des Holborn-Viaductes über Farringdon Street gehört zu den schönsten Bauwerken Londons und gehört in ihrer ästhetischen Wirkung wohl zu den bestgelungenen Ingenieurbauten der Welt. Der Schnittwinkel zwischen beiden Strafsen beträgt 55°. Da Farringdon Street 28 m breit ist, mifst die Brücke in der Viaductaxe $34,_5$ m. Dabei stand nur eine verhältnifsmäfsig geringe Höhe zwischen den beiden Strafsenkronen zur Verfügung, nämlich $7,_9$ m auf der Nordseite des $24,_5$ m breiten Viaductes, $8,_6$ m auf seiner Südseite, weil Farringdon Street mit 1 : 45 ansteigt. Colonel Haywood entschlofs sich deshalb, die Brücke mit einer grofsen Mittelöffnung von $18,_6$ m Weite und 2 kleineren Seitenöffnungen von je $5,_6$ m Weite herzustellen. Die Oeffnungen werden getrennt durch 2 Reihen kräftiger Granitsäulen, welche je $2,_{35}$ m im Durchmesser stark sind.

Die Säulen sind sechskantig bearbeitet, um ihre schräge Stellung für das Auge nicht unangenehm bemerkbar zu machen. Dieser Zweck ist vollkommen erreicht. Von den 12 Säulen haben je 2, welche einander normal zur unterführten Strafse gegenüberstehen, gleiche Höhe. Die Verschiedenheit der Höhe ist vollständig auf die Plinthen beschränkt, welche von $0,_{48}$ bis $1,_{35}$ m hoch sind. Basen und Capitäle liegen in gleichem Niveau. Die Plinthen sind aus rauh bearbeitetem dunkelgrauen Devonshire-Granit angefertigt, die Basen aus polirtem schwarzen Guernesey-Granit, die Schafte aus polirtem rothbraunen Rofs of Mull-Granit, die Capitäle aus polirtem grauen Aberdeen-Granit und die Bekrönungsplatten wiederum aus Rofs of Mull-Granit. Die Capitäle haben einen reichen Schmuck von frühgothisch stylisirtem Blattwerk aus Bronze erhalten.

Die beiden Widerlager sind in derselben Weise mit je 6 Halbsäulen geschmückt. In den beiden Ansichtsflächen sind die Säulen und Halbsäulen bis zur Geländerhöhe hochgeführt, um als Piedestals der 4, die Brückenenden zierenden Löwen und der 4 über den Mittelpfeilern aufgestellten symbolischen Figuren (Kunst, Wissenschaft, Ackerbau und Handel) zu dienen. Die Statuen sind in Bronze gegossen und reich vergoldet.

Um den monumentalen Charakter des Bauwerks besser zum Ausdruck bringen zu können, ist die Bogenconstruction des Ueberbaues vollkommen aus Gufseisen hergestellt, das gleichfalls bronzirt und reich vergoldet ist. Jede Oeffnung wird von 6 gekuppelten Hauptträgern überspannt, deren bogenförmiger Untergurt nur mäfsig ornamentirt ist, während der horizontale Obergurt ein reiches friesartiges Ornament zeigt. Die Zwickel sind mit Rankenwerk ausgefüllt. Das etwas leichter behandelte gufseiserne Geländer bildet einen würdigen Abschlufs. Auch die Querversteifung besteht aus ähnlich ausgebildeten gufseisernen Bogenträgern. Die Fahrbahn ruht auf gufseisernen Querbalken, zwischen welchen gufseiserne Buckelplatten eingelegt sind. Auf diesen Platten liegt die das Granitpflaster tragende Betonschicht.

Der Gesammteindruck der Farringdon Street-Brücke ist ein vortrefflicher. Dieser fast allein für das Publicum sichtbare Theil des Holborn-Viaductes verräth durch seine gediegene Pracht und grofsartige Behandlung die Bedeutung der ganzen Anlage und die Gröfse der Opfer, welche die Stadtgemeinde der City für die Erleichterung des Verkehrs ihren Mitbürgern gebracht hat. Für die ästhetisch befriedigende Ausbildung eines Ingenieurbauwerks erscheint diese Brücke als mustergültig.

An den 4 Ecken der Strafsenkreuzung sind für den Fufsgängerverkehr öffentliche Treppen angebracht, welche gleichzeitig Anlafs zur Erbauung von 4 reichgeschmückten Gebäuden gegeben haben. Die Breite der einzelnen Läufe beträgt $2,_{75}$ m. Die Gebäude selbst sind Privateigenthum und an kaufmännische Geschäfte vermiethet.

Die Unterführung der viergeleisigen London, Chatham und Dover-Eisenbahn, welche unmittelbar neben der Brücke ihre Endstation Holborn-Viaduct hat, besteht aus einer massiven Ueberbrückung der Fahrbahn und 2 schmiedeeisernen Ueberbrückungen der „subways". Die tunnelartigen Gewölbe, deren Spannweite 9 m beträgt, sind mit Klinkern gemauert. Jeder „subway" hat eine Lichtweite von etwas über 9 m und wird von 3 Blechträgern getragen, welche auf den verlängerten Widerlagern und dem verlängerten Mittelpfeiler der Fahrbahnüberbrückung aufruhen. Die Decke der Rohrlagergänge, deren Höhe $2,_3$ m im Lichten und deren lichte Breite $3,_6$ m beträgt, ist aus eisernen Platten gebildet, welche eine Betonschicht zur Unterstützung der Bürgersteigplatten tragen. Die gufseisernen Brückengeländer werden von besonderen Blechträgern unterstützt. Nördlich des Viaductes schliefst die London, Chatham und Dover-Eisenbahn an die von Süden nach Norden gerichtete Zweiglinie der Untergrundbahn an, welche den Namen Metropolitan Entension führt und im Verein mit der erstgenannten Stadtbahnstrecke die einzige diagonale Stadtbahn Londons bildet. Das südlich des Viaducts zwischen der Bahnunterführung und Farringdon Street gelegene Bauterrain wird von dem Holborn Viaduct Terminus Hôtel eingenommen, das gleichzeitig Bahnhof und Gasthaus ist — eine in England vielfach vorkommende und für schnellreisende Touristen höchst empfehlenswerthe Einrichtung. Auch die übrigen Bauplätze längs des Viaductes wurden bald nach dessen Fertigstellung mit stattlichen Gebäuden ausgebaut.

Die Gesellschaft für pneumatischen Packettransport hat ihr Luftleitungsrohr, dessen innere Höhe und Breite $1,_{35}$ m messen, nicht in die „subways", sondern annähernd parallel mit der natürlichen Terrainsohle in die Axe des Viaductes, also unter den Verbindungsgang der mittleren Gewölbe gelegt.

Am westlichen Ende des Viaductes, wo gleichzeitig die Strafsen Charterhouse Street, Hatton Garden, Holborn, Bartlett's Buildings und St. Andrew Street ausmünden, ist ein kreisförmiger Platz von 52 m Durchmesser angelegt, „Viaduct Circus", in dessen Mitte man ein etwas mager aussehendes Reiterstandbild des Prinzgemahls Albert errichtet hat.

Die vom „Circus" nach Farringdon Street nord- und südöstlich hinabführenden Strafsen — einerseits Charterhouse Street, andererseits St. Andrew Street und deren Fortsetzung jenseits Shoe Lane, sowie die Verlängerung von Shoe Lane und die Verbindung des östlichen Viaductendes mit Farringdon Street, eine Verlegung der alten Strafse Snow Hill —

diese sämmtlichen Strafsen sind gleichzeitig mit der Erbauung des Viaductes durchgebrochen und ausgebaut worden. Da dies geschehen mufste in einem der dichtestbevölkerten Stadttheile Londons, so erklärt sich die aufserordentliche Höhe der Grunderwerbskosten, $36\frac{1}{2}$ Mill. ℳ, ohne weiteres. Sämmtliche neu angelegte Strafsen sind gleichfalls mit „subways" versehen, welche die Gas-, Wasser- und Kabelleitungen aufnehmen.

Aehnliche Anlagen sind in gleicher Vollständigkeit weder in London, noch aufserhalb Londons bis jetzt zur Ausführung gelangt. Die in Paris übliche Methode, Rohrleitungen in die erweiterten Abfuhrcanäle zu legen, steht der am Holborn-Viaduct ausgeführten Anlage weit nach, weil man bei der Pariser Methode in der freien Disposition über die gegenseitige Höhenlage der einzelnen Leitungsnetze beschränkt ist.

Die gesammte Erdmasse, welche bei der Erbauung des Viaductes und bei der Regulirung der angrenzenden Strafsen bewegt wurde, hat 160000 Karrladungen betragen, für die Fundirung des Viaductes waren 32000 cbm Beton, für seine Aufmauerung 20 Mill. Mauersteine erforderlich. Aufserdem kamen 400 t Gufseisen und 1400 t Schmiedeisen zur Verwendung. Der Viaduct selbst mit Ausnahme von Farringdon Street Bridge hat 3 060000 ℳ gekostet, die Anlieferung und Aufstellung der Granitsäulen für diese Brücke 425000 ℳ und ihr eiserner Ueberbau 312000 ℳ. Der bauleitende Beamte war der Oberingenieur der City von London, Colonel W. Haywood, unter dessen Oberaufsicht von 1866 bis 1872 die Arbeiten, gröfstentheils durch die Unternehmer Hill & Keddel zur Ausführung gelangten.

Elasticitätstheorie der Tonnengewölbe.*)

(Schlufs.)

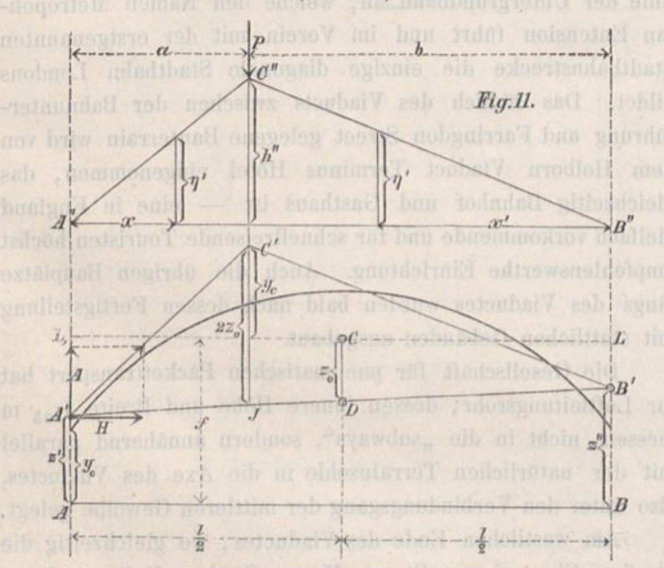
II. Abschnitt.

Wirkung der Verkehrslast bei symmetrischen Brückengewölben.

In den folgenden Untersuchungen setzen wir ein symmetrisches im Normalzustande befindliches Gewölbe voraus und vernachlässigen alle Störungen. Dies ist statthaft, weil die zufällige Belastung gegen die permanente nur gering ist.

§. 8. Einflufs einer concentrirten Last.

Wirkt nur eine concentrirte Last auf den gewichtslos gedachten Bogen, so besteht die Seilcurve η' aus den Geraden $A''C''$ und $B''C''$ (Fig. 11). Zwischen der unter P



gemessenen Ordinate h'' und dem willkürlichen Horizontalschube H' besteht die Beziehung (nach Gl. 1 u. 2)

$$H'h'' = \frac{Pab}{l}.$$

Nun folgt $F' = f'l = \frac{h''l}{2}$, mithin $f' = \frac{Pab}{2lH'}$ und $z_0 = f'\frac{H'}{H}$

52) $$z_0 = \frac{Pab}{2lH}.$$

Ferner ist der Abstand des Schwerpunktes des Dreiecks $A''B''C''$ von der Verticalen $A''A$ =

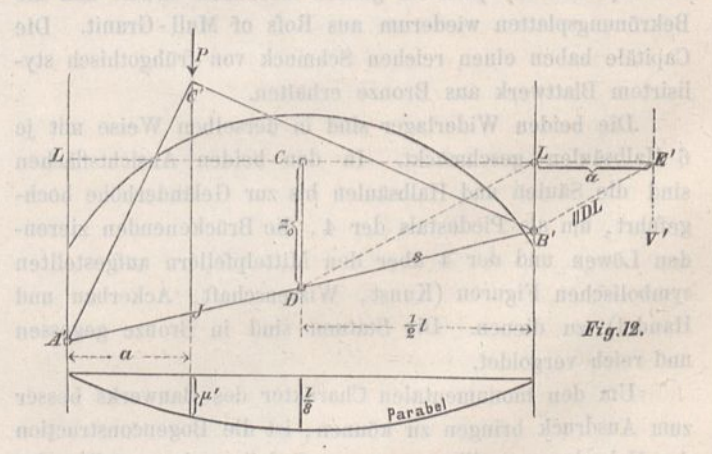
$$\xi' = \frac{l+a}{3},$$

mithin, mit $\xi = \frac{1}{2}l$ nach Formel 20 und 21,

$$z' = f - \frac{Pab^2}{Hl^2} = f - 2z_0\frac{b}{l}$$

$$z'' = f - \frac{Pa^2b}{Hl^2} = f - 2z_0\frac{a}{l}.$$

Kennt man H, so kann man den Punkt D (Fig. 12) bestimmen, in welchem die Schlufslinie die Verticale durch die



Mitte schneidet. Verlängert man dann LL um $LE' = a$*) (weil $3\xi' = l + a$) und zieht $E'B' \parallel LD$, so ist B' ein zweiter Punkt der Schlufslinie s, die Lage dieser also gegeben.

Die Angriffsmomente in Bezug auf die Mittelpunkte der Kämpferquerschnitte sind (Fig. 11)

53) $M_A = H(z' - y_0)$, $M_B = H(z'' - y_0)$, d. i.

54) $$M_A = H(f - y_0) - \frac{Pab^2}{l^2} = H\left[f - y_0 - 2z_0\frac{b}{l}\right]$$

*) In dem I. Abschnitt dieser Abhandlung ist zu lesen:
Seite 43 in der Fufsnote $\cos^2\varphi$ statt $\cos\varphi$,
- 48 Zeile 19 v. u. $\frac{178}{280}s$ statt $\frac{70}{288}s$,
- 49 Zeile 5 v. o. $0{,}_{69}s$ statt $4s$.

*) Man vergl. die in Fig. 5 dargestellte Construction.

$$55)\quad M_B = H(f - y_0) - \frac{Pba^2}{l^2} = H\left[f - y_0 - 2z_0\frac{a}{l}\right].$$

Zur Berechnung von H dient die Gleichung (vergl. Nr. 15[b])

$$\int y^2\,dx = z'F + \frac{z'' - z'}{l}F\xi + \frac{H'}{H}\int_0^l \eta' y\,dx$$

und, wegen $\xi = \frac{l}{2}$, mit den früheren Bezeichnungen

$$56)\quad u = \tfrac{1}{2}(z' + z'') + \frac{H'}{Hfl}\int_0^l \eta' y\,dx.$$

Setzt man
$$\eta' = \frac{h''}{a}x \text{ für } x < a,$$
$$\eta' = \frac{h''}{b}x' \text{ für } x' < b,$$

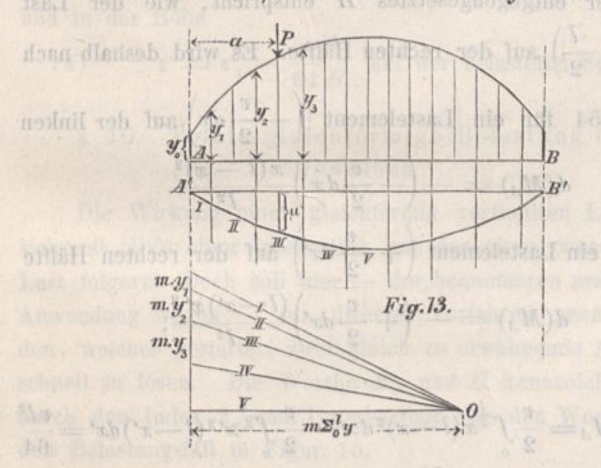
so folgt, mit
$$H'h'' = \frac{Pab}{l}$$

$$u = \tfrac{1}{2}(z' + z'') + \frac{P}{Hfl}\left[b\int_0^a \frac{x}{l}y\,dx + a\int_0^b \frac{x'}{l}y\,dx\right].$$

In dieser Gleichung bedeutet (vergl. Nr. 2)

$$a\int_0^b \frac{x'}{l}y\,dx + b\int_0^a \frac{x}{l}y\,dx = M_x$$

das Biegungsmoment für den bei $x = a$ gelegenen Querschnitt eines Balkens, auf welchen Kräfte $y\,dx$ wirken.



Zerlegt man also die Fläche F in Lamellen (Fig. 13), faſst die Inhalte der Lamellen als Kräfte auf, construirt mit der Poldistanz F zu diesen Kräften ein Seilpolygon, dessen Schluſslinie die $A'B'$ ist, und bezeichnet mit μ die Ordinate dieses Seilpolygons bei $x = a$, so folgt

$$M_x = F\mu = fl\mu$$

und man erhält

$$u = \tfrac{1}{2}(z' + z'') + \frac{P\mu}{H}.$$

Setzt man hierin

$$\tfrac{1}{2}(z' + z'') = f - z_0 = f - \frac{Pab}{2Hl}$$

und löst dann die Gleichung nach H auf, so ergiebt sich

$$57)\quad H = P\frac{\mu - \frac{ab}{2l}}{u - f}.$$

Construirt man über l (Fig. 12) eine Parabel mit dem Pfeil $\frac{l}{8}$, so ist deren Ordinate für $x = a$

$$58)\quad \mu' = \frac{ab}{2l},$$

und man findet

$$59)\quad H = P\frac{\mu - \mu'}{u - f} \text{ und } z_0 = \mu'\frac{P}{H}.$$

Die verticale Auflagerreaction A (Fig. 11) bestimmt sich aus der Momentengleichung in Bezug auf den rechten Kämpfermittelpunkt. Es ist nämlich

$$Al + H(z' - y_0) - Pb = M_B$$

$$60)\quad A = \frac{Pb}{l} + \frac{M_B - M_A}{l},$$

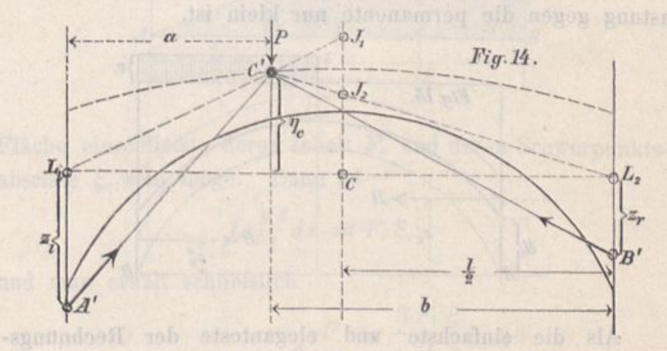
woraus nach Gl. 54 und 55 sich

$$61)\quad \begin{cases} A = \dfrac{Pb^2}{l^3}(l + 2a) \text{ und analog} \\ B = \dfrac{Pa^2}{l^3}(l + 2b) \end{cases}$$

ergiebt. Diese Werthe sind **unabhängig von H und von der Gestalt der Bogenaxe** und stimmen mit denen überein, welche einem horizontal eingespannten Balken entsprechen.

Die abgeleiteten Resultate ermöglichen die Bestimmung der Drucklinie $A'C'B'$ für jede einzelne Last P. Man wird (Fig. 12) $z_0 = \mu'\frac{P}{H}$ berechnen, die Schluſslinie construiren, $\overline{JC'} = h''\frac{H'}{H} = \frac{Pab}{lH} = 2z_0$ machen und die Geraden $C'A'$ und $C'B'$ ziehen.

Nun kann man die **Kämpferdrucklinie**, d. i. den geometrischen Ort des Punktes C' zeichnen, die **Kämpferdruckumhüllungslinie**, d. i. die Umhüllungslinie der Geraden $A'C'$ und $B'C'$ construiren und die gefährlichste Belastung in derselben Weise discutiren, wie bei einem eisernen Bogen ohne Gelenke. Besteht die Verkehrslast aus einem Systeme concentrirter Lasten (z. B. aus einem Eisenbahnzuge), so wird es sich empfehlen, die Influenzlinien für die Momente M_0 und M_u zu zeichnen.*)



Die Gleichung der **Kämpferdrucklinie** läſst sich auf eine sehr einfache Form bringen, sobald man die Ausgleichungslinie L_1L_2 (Fig. 14) zur Abscissenaxe wählt. Bedeutet η_c die Ordinate des Punktes C', so folgt

$$\eta_c + f = 2z_0 + z' + \frac{z'' - z'}{l}a = 2z_0 + z'\frac{b}{l} + z''\frac{a}{l}$$
$$= 2z_0 + f\frac{b}{l} - 2z_0\frac{b^2}{l^2} + f\frac{a}{l} - 2z_0\frac{a^2}{l^2},$$

woraus
$$\eta_c = 4z_0\frac{ab}{l}, \text{ d. i.}$$

$$\eta_c = 2\frac{a^2b^2}{l^3}\cdot\frac{P}{H} = 8\frac{\mu'^2}{l}\cdot\frac{P}{H}.$$

Jetzt kann man schreiben

$$z' = f - \frac{Pab^2}{l^2H} = f - \eta_c\frac{l}{2a}$$

*) Eine Construction der Influenzlinie für den Bogen ohne Gelenke findet man in: Müller-Breslau „Theorie und Berechnung der eisernen Bogenbrücken", Theil I pag. 121.

$$z'' = f - \frac{Pba^2}{l^2 H} = f - \eta_c \frac{l}{2b}.$$

Die Punkte A' und B' der Schlufslinie haben hiernach von der Ausgleichungslinie die Abstände

$$z_l = \eta_c \frac{l}{2a} \quad \text{und} \quad z_r = \eta_c \frac{l}{2b}.$$

Ist also die Kämpferdrucklinie gegeben und zieht man durch den Schnittpunkt C' einer Last P mit dieser Linie von L_1 und L_2 aus Gerade, welche die Verticale durch die Mitte beziehungsweise in J_1 und J_2 schneiden, so ist

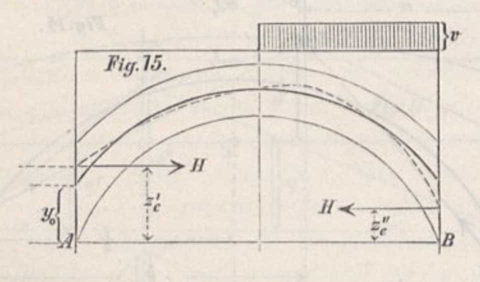
$$CJ_1 = z_l \quad \text{und} \quad CJ_2 = z_r$$

und man kann hiernach die zu der Last P gehörigen Punkte A' und B' sowie die Richtungen der Kämpferdrücke $A'C'$ und $B'C'$ feststellen. Die abgeleiteten Resultate gelten für einen beliebig geformten symmetrischen Bogen.

(Für den Parabelbogen liefert die Durchführung der Integrationen $H = \frac{15 Pa^2 b^2}{4 l^3 h}$, wo h die Pfeilhöhe; mithin ist $\eta_c = \frac{8h}{15}$, also constant. Da weiter $f = \frac{2h}{3}$, so liegt die die Kämpferdrucklinie bildende horizontale Gerade in der Höhe $\frac{8h}{15} + \frac{2h}{3} = \frac{6h}{5}$ über den Kämpfermittelpunkten.)

§. 9. Gleichmäfsige Belastung der einen Gewölbehälfte.

Bei der statischen Berechnung gewölbter Brücken pflegt man von einer exacten Theorie der gefährlichsten Belastung abzusehen und den Fall der Belastung der einen Gewölbehälfte (Fig. 15) als den nahezu ungünstigsten aufzufassen. Es wird dies dadurch gerechtfertigt, dafs die mobile Belastung gegen die permanente nur klein ist.

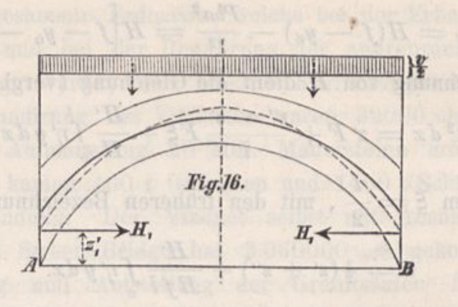


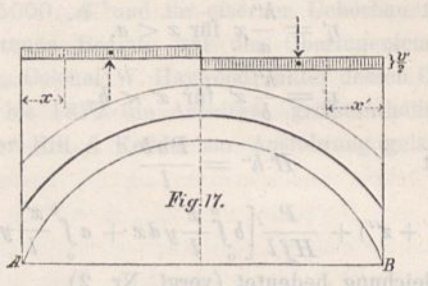
Als die einfachste und eleganteste der Rechnungsmethoden ist, wenn man von den Elasticitätsgleichungen ausgeht, die Schwedler'sche anzusehen.

Bedeutet v die Verkehrslast für die Längeneinheit, so fügt Schwedler auf der unbelasteten Gewölbehälfte eine aufwärtswirkende und eine abwärtswirkende Belastung $\frac{v}{2} \cdot \frac{l}{2}$ hinzu, die sich in ihren Wirkungen aufheben, und reducirt dadurch den Belastungsfall (Fig. 15) auf den eines über die ganze Stützweite mit $\frac{v}{2}$ pro Längeneinheit belasteten Gewölbes (Fig. 16) und auf die Beanspruchung des Bogens durch ein Kräftepaar (Fig. 17).

Es werden jetzt die Pressungen in Folge dieser beiden Belastungszustände gesondert ermittelt und addirt.

Der Belastungsfall Fig. 16 läfst sich mit Hilfe der in §. 2 bis §. 4 entwickelten Regeln erledigen und möge die Pressungen k'_0 und k'_u an der oberen, beziehungsweise unteren Fugenkante erzeugen.





Die Belastung in Fig. 17 erzeugt $H = 0$, weil der Last $\left(-\frac{v}{2} \cdot \frac{l}{2}\right)$ auf der linken Gewölbehälfte ein gleiches aber entgegengesetztes H entspricht, wie der Last $\left(+\frac{v}{2} \cdot \frac{l}{2}\right)$ auf der rechten Hälfte. Es wird deshalb nach Formel 54 für ein Lastelement $\left(-\frac{v}{2}dx\right)$ auf der linken Hälfte

$$d(M_A) = -\left(-\frac{v}{2}dx\right)\frac{x(l-x)^2}{l^2}$$

und für ein Lastelement $\left(+\frac{v}{2}dx'\right)$ auf der rechten Hälfte

$$d(M_A) = -\left(+\frac{v}{2}dx'\right)\frac{(l-x')x'^2}{l^2},$$

so dafs

$$62) \quad M_A = \frac{v}{2}\int_0^{\frac{l}{2}} x(l-x)^2 dx - \frac{v}{2}\int_0^{\frac{l}{2}} x'^2(l-x')dx' = \frac{vl^2}{64}$$

und $\qquad M_B = -M_A.$

Weiter folgt

$$Al + \left(\frac{v}{2} \cdot \frac{l}{2}\right)\frac{l}{2} + M_A = M_B = -M_A$$

und hieraus

$$63) \quad A = -\frac{5vl}{32}.$$

Für die Kernpunkte der im Abstande x auf der unbelasteten Hälfte gelegenen verticalen Fuge ergiebt sich nun

$$M = M_0 = M_u = Ax + vx\frac{x}{2} + M_A, \quad \text{d. i.}$$

$$64) \quad M = \frac{vl^2}{62}X, \quad \text{wo}$$

$$65) \quad X = 1 - 10\frac{x}{l} + 32\frac{x^2}{l^2}.$$

Diesem Momente M entsprechen die Pressungen

$$k'' = \pm 6\frac{M}{d^2}$$

und zwar für die obere resp. untere Kante

$$66) \quad k''_0 = + \tfrac{3}{32}\frac{vl^2}{d^2}X$$

$$67) \quad k''_u = - \tfrac{3}{32}\frac{vl^2}{d^2}X,$$

während für die Fugen der belasteten Hälfte

68) $$k''_o = -\frac{3}{32}\frac{vl^2}{d^2}X'$$

69) $$k''_u = +\frac{3}{32}\frac{vl^2}{d^2}X''$$

wird. Darin ist

70) $$X' = 1 - 10\frac{x'}{l} + 32\frac{x'^2}{l^2}.$$

Bezeichnet man noch mit

H_1 den Horizontalschub für den Belastungsfall in Fig. 15,

z'_1 die Ordinate des Angriffspunktes von H_1 (Fig. 16)

G das Gewicht des Gewölbes einschliefslich der Belastung $\frac{vl}{2}$,

dann sind die Verticalcomponenten der Kämpferdrücke für das einseitig belastete Gewölbe (Fig. 14)

71) $$A = \tfrac{1}{2}G - \frac{5vl^2}{32}$$

72) $$B = \tfrac{1}{2}G + \frac{5vl^2}{32}.$$

Der Horizontalschub bleibt H_1 und greift in der Höhe

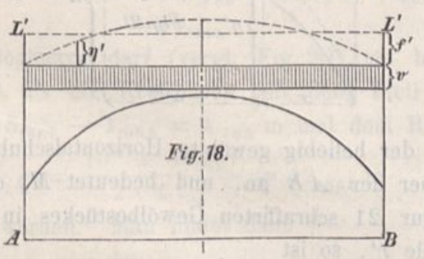
73) $$z' = z'_1 + \frac{vl^2}{64H_1}$$ auf der unbelasteten Seite

und in der Höhe

74) $$z'' = z'_1 - \frac{vl^2}{64H_1}$$ auf der belasteten Seite an.

§. 10. Totale gleichförmige Belastung des Gewölbes.

Die Wirkung einer gleichförmig vertheilten Last läfst sich mit Hilfe einer Integration aus der einer concentrirten Last folgern. Doch soll hier — der bequemeren praktischen Anwendung wegen — ein directes Verfahren gewählt werden, welches gestattet, zwei gleich zu erwähnende Aufgaben schnell zu lösen. Die Werthe M_A und H kennzeichnen wir durch den Index 2, zum Unterschiede von den Werthen für den Belastungsfall in Figur 15.



Einer gleichförmig vertheilten Belastung v pro Längeneinheit (Fig. 18) entspricht bei der Poldistanz H' als Seilcurve eine Parabel $A'' C'' B''$ mit dem Pfeil

$$\frac{vl^2}{8H'}$$

und der Gleichung (vergl. Formel 1)

75) $$\eta' = \frac{vx(l-x)}{2H'},$$

denn $\frac{vx(l-x)}{2} = M_x$ ist das Angriffsmoment für einen gleichmäfsig belasteten Balken.

Die Ausgleichungslinie $L'L'$ der Seilcurve ist durch

$$f' = \tfrac{2}{3}\cdot\frac{vl^2}{8H'} = \frac{vl^2}{12H'}$$

gegeben; ferner ist $\xi' = \frac{l}{2}$ und bei symmetrischem Bogen auch $\xi = \frac{l}{2}$, so dafs sich

76) $$z_0 = \frac{H'f'}{H_2} = \frac{vl^2}{12H_2},$$ und

77) $$z'_2 = z''_2 = f - z_0 = f - \frac{vl^2}{12H_2}$$

ergiebt. Weiter folgt

78) $$(M_A)_2 = (M_B)_2 = H_2(z'_2 - y_0) = H_2(f - y_0) - \frac{vl_2}{12}.$$

Zur Berechnung von H_2 dient die Gleichung

$$u = \frac{z'_2 + z''_2}{2} + \frac{H'}{H_2 fl}\int_0^l \eta' y\,dx$$

$$= z'_2 + \frac{H'}{H_2 fl}\int_0^l \eta' y\,dx,$$

oder mit Beachtung von Gleichung 56

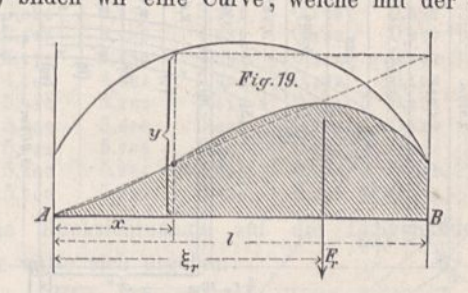
$$u = f - \frac{vl^2}{12H_2} + \frac{v}{2H_2 fl}\int_0^l yx(l-x)\,dx$$

$$u = f - \frac{vl^2}{12H_2} + \frac{vl}{2H_2 fl}\int_0^l xy\,dx - \frac{v}{2H_2 fl}\int_0^l yx^2\,dx.$$

Nun ist $\int_0^l yx\,dx = F\zeta = fl\frac{l}{2}$, mithin

$$u = f + \frac{vl^2}{6H_2} - \frac{v}{2H_2 f}\int_0^l y\frac{x}{l}\,dx\cdot x.$$

Durch Multipliciren sämmtlicher Ordinaten y mit $\frac{x}{l}$ (Fig. 19) bilden wir eine Curve, welche mit der AB eine



Fläche einschliefst, deren Inhalt F_r und deren Schwerpunktsabscisse ξ_r sein möge. Dann ist

$$\int_0^l x\frac{yx}{l}\,dx = F_r\,\xi_r$$

und man erhält schliefslich

79) $$H_2 = \frac{v}{6}\,\frac{l^2 - \frac{3F_r\xi_r}{f}}{u - f}.$$

Den Ausdruck $F_r\xi_r$ kann man nach der Simpson'schen Formel berechnen und erhält (vergl. S. 43):

80) $$3F_r\xi_r = \lambda^2\Big[4\Big(1\cdot y_1\frac{\lambda}{l} + 3y_3\frac{3\lambda}{l} + 5y_5\frac{5\lambda}{l} + \cdots\Big) + 2\Big(2\cdot y_2\frac{2\lambda}{l} + 4y_4\frac{4\lambda}{l} + 6y_6\frac{6\lambda}{l} + \cdots\Big) + ny_n\Big].$$

Die Formeln 76 bis 80 gestatten, aus dem Belastungsfall Fig. 16 auf die Beanspruchungen des total belasteten und unbelasteten Gewölbes zu schliefsen, und zwar durch Hinzufügen beziehungsweise Hinwegnehmen der Last $\frac{v}{2}$ pro Längeneinheit. Da es aber genügt, die Pressungen für den gefährlichsten Belastungszustand (Fig. 15) zu ermitteln, so wird man die Formeln 76 bis 80 nur benutzen, um die Kämpferreaction für das vollbelastete und unbelastete Gewölbe festzustellen. Man findet

für das vollbelastete Gewölbe

$$81)\quad \begin{cases} A = \frac{1}{2} G + \frac{1}{2}\left(\frac{v}{2} l\right) \\ H = H_1 + \frac{1}{2} H_2 \end{cases}$$

für das unbelastete Gewölbe

$$82)\quad \begin{cases} A = \frac{1}{2} G - \frac{1}{2}\left(\frac{vl}{2}\right) \\ H = H_1 - \frac{1}{2} H_2. \end{cases}$$

Das Moment M_A wird für volle Belastung*)

$$83)\quad M_A = H_1 (z'_1 - y_0) + \frac{1}{2} H_2 (f - y_0) - \frac{1}{2}\frac{v l^2}{12}$$

und es greift der Kämpferdruck in der Höhe

$$84)\quad z' = \frac{M_A}{H_1 + \frac{1}{2} H_2}$$

über der AB. Bei unbelastetem Gewölbe folgt

$$85)\quad M_A = H_1 (z'_1 - y_0) - \frac{1}{2} H_2 (f - y_0) + \frac{1}{2}\frac{v l^2}{12}$$

$$86)\quad z' = \frac{M_A}{H_1 - \frac{1}{2} H_2}.$$

§. 11. Zahlenbeispiel.

Es soll die Beanspruchung des in Figur 20 dargestellten zur Ueberführung einer Strafse bestimmten Brückengewölbes berechnet werden.

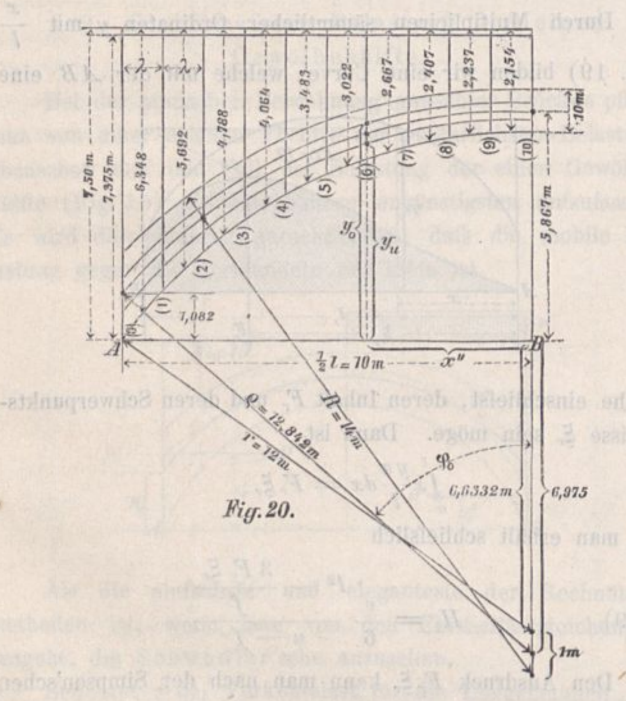


Fig. 20.

Das Material ist bestes Ziegelmauerwerk in Cement mit einer zulässigen Inanspruchnahme von

$k = 12$ kg pro qcm $= 120$ t pro qm (Druck).

Gewicht pro cbm Gewölbemauerwerk $= 1600$ kg. Kies und Mauerwerk sollen gleich schwer gerechnet werden, und ist dann bei horizontaler Fahrbahn die Belastungslinie eine Horizontale, welche in der Höhe $7,_{375}$ m über der AB liegen möge. Die Verkehrslast (Menschengedränge) soll 400 kg ro qm betragen und kann durch Aufmauerung von $\frac{400}{1600} = 0,_{25}$ m Höhe ersetzt werden.

Radius der unteren Leibung $= 12$ m $= r$,

„ „ oberen „ $= 14$ m $= R$,

Schlufssteinstärke $= 1,_{0}$ m.

*) Die Bedeutung von H_1 und z'_1 siehe auf Seite 217.

Das Gewölbe wird in 20 Lamellen zerlegt, daher ist $\lambda = 1,_{0}$ m.

Die auf die Horizontale AB bezogene Ordinate der unteren Leibung im Abstande x_0 vom Scheitel ist $= \sqrt{r^2 - x''^2} - 6,_{6332}$, die der oberen $= \sqrt{R^2 - x''^2} - 7,_{6332}$. Nach Berechnung dieser Werthe kann man die Ordinate y der Bogenaxe finden, die Längen der verticalen Fugen feststellen und die Ordinaten der Kernlinien berechnen.

Die Resultate dieser Rechnung sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle I.

Fuge	Ordinaten der				
	unteren Leibung	oberen Leibung	Bogenaxe *)	unteren Kernlinie	oberen Kernlinie
0	0	2,1648	1,082	0,722	1,443
1	1,3041	3,0906	2,197	1,900	2,495
2	2,3111	3,8559	3,084	2,826	3,341
3	3,1136	4,4912	3,802	3,573	4,032
4	3,7591	5,0159	4,387	4,178	4,597
5	4,2755	5,4435	4,860	4,665	5,054
6	4,6805	5,7832	5,232	5,048	5,416
7	4,9858	6,0416	5,514	5,338	5,690
8	5,2000	6,2232	5,712	5,541	5,882
9	5,3251	6,3310	5,828	5,660	5,996
10	5,3668	6,3668	5,867	5,700	6,036

1) Bestimmung der Seilcurve η' unter der Annahme, dafs das ganze Gewölbe mit $\frac{1}{2} v$ pro Meter der Stützweite belastet ist (vergl. §. 8), so dafs die Belastungslinie in der Höhe $7,_{375} + \frac{1}{2} \cdot 0,_{25} = 7,_{500}$ m über der AB liegt.

Die in der Mitte der Lamellen gemessenen Belastungshöhen sind aus Figur 19 zu ersehen.**)

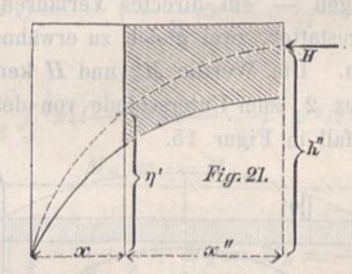


Fig. 21.

Greift der beliebig gewählte Horizontalschub H' in der Höhe h' über der AB an, und bedeutet M_x das Moment des in Figur 21 schraffirten Gewölbstückes in Bezug auf die Verticale η', so ist

$$H'(h'' - \eta') = M_x.$$

Wird mit M_0 der Werth bezeichet, den M_x für $x = 0$ annimmt, so ergiebt sich für den Punkt A die Momentengleichung $H' h'' = M_0$, woraus $h'' = \frac{M_0}{H'}$, weshalb

$$\eta' = \frac{M_0 - M_x}{H'}.$$

Setzt man vorläufig das Gewicht pro cbm Gewölbemauerwerk $= 1$,***) so erhält man für die Fugen 9, 8, 7 ..... die Werthe:

*) Bogenaxe und Kernlinien wurden beziehungsweise als die geometrischen Orte der Mittelpunkte und Kernpunkte der verticalen Fugen aufgefafst.

**) Die Lamellen sind als Trapeze angesehen worden.

***) Es sind also alle Kräfte noch mit $1,_{6}$ zu multipliciren wenn sie in Tonnen ausgedrückt werden sollen.

$$M_x = M_9 = 2{,}154\,\lambda\frac{\lambda}{2}$$

$$M_8 = 2{,}154\,\lambda\frac{3\lambda}{2} + 2{,}237\,\lambda\frac{\lambda}{2}$$

$$M_7 = 2{,}154\,\lambda\frac{5\lambda}{2} + 2{,}237\,\lambda\frac{3\lambda}{2} + 2{,}407\,\lambda\frac{\lambda}{2}$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$M_0 = 2{,}154\,\lambda\frac{19\lambda}{2} + 2{,}237\,\lambda\frac{17\lambda}{2} + \cdots + 6{,}348\,\lambda\frac{\lambda}{2},\ ^{*)}$$

und hierauf, wenn $H' = 10$ angenommen wird, die Ordinaten der Seilcurve

$$\eta'_9 = \frac{M_0 - M_9}{10},\quad \eta'_8 = \frac{M_0 - M_8}{10}, \ldots\ldots$$

Die Resultate liefert folgende Tabelle.

Tabelle II.

Fuge	M_x	η'
0	145,066	0
1	111,378	3,369
2	83,710	6,136
3	61,282	8,378
4	43,280	10,179
5	29,052	11,601
6	18,075	12,699
7	9,944	13,512
8	4,349	14,072
9	1,077	14,399
10	0,000	14,507

(Bedeutend schneller verfährt man allerdings, wenn man die Seilcurve η' construirt).

2) Ermittelung der Lage der wirklichen Drucklinie, mit Rücksichtnahme auf die Längenänderung der Bogenaxe.

Nach Formel 29 ist

$$f' = \frac{\frac{1}{2}F'}{\frac{1}{2}l} = \frac{\lambda}{3\frac{1}{2}l}\{0 + 14{,}507 + 4(3{,}369 + 8{,}378 + {} + 11{,}601 + 13{,}512 + 14{,}399) + {} + 2(6{,}136 + 10{,}179 + 12{,}699 + 14{,}072)\} = 10{,}233.$$

Die Bogenaxe darf (vergl. Fig. 20) mit hinlänglicher Genauigkeit als ein Kreisbogen mit dem Pfeil

$h = 5{,}867 - 1{,}082 = 4{,}785$ m und dem Radius

$$\varrho = \frac{10^2 + 4{,}785^2}{2 \cdot 4{,}785} = 12{,}842 \text{ m}$$

angesehen werden. Man findet dann

$$\sin\varphi_0 = \frac{10}{12{,}842} = 0{,}7787,\quad \varphi_0 = 51^0\,8',$$

$$\text{arcus}\,\varphi_0 = 0{,}892$$

und hierauf nach Formel 45

$$f = \varphi_0\frac{\varrho^2}{l} + \frac{y_0}{2} - \frac{h'}{2} = 0{,}892\frac{12{,}842^2}{20} + \frac{1{,}082}{2} - \frac{6{,}975}{2} = 4{,}409 \text{ m.}$$

Nun ist in Formel 44 zu setzen (vergl. Fig. 10 u. Fig. 20):

$\gamma = 1{,}6$ t pro cbm, $h = 5{,}867 - 1{,}082 = 4{,}785$ m, $h'' = 5{,}367$ m, $h''' = 7{,}5$ m, $h' = 6{,}975$ m, $s = 0$, $d = 1{,}2$ m (= mittlere Fugenlänge), und erhält man dann

$$H = 48{,}1\,\frac{1}{1{,}0639} = 45{,}2 \text{ t.}^{**)}$$

*) Streng genommen müfsten diese Momente mit Hilfe der Simpson'schen Formeln berechnet werden, doch ist das hier gewählte Verfahren für die Praxis ohne Bedenken zuzulassen.

**) Ohne Rücksichtnahme auf die Längenänderung der Bogenaxe würde man $H = 48{,}1$ t erhalten.

Der Seilcurve η' entsprach $H' = \gamma \cdot 10 = 16$ t, mithin wird

$$\frac{H'}{H} = 0{,}354 \text{ und}$$

$$z' = f_0 - \frac{H'}{H}f' = 4{,}409 - 0{,}354 \cdot 10{,}233 = 0{,}787 \text{ m.}$$

Die horizontale Schlufslinie liegt in der Höhe z' über der AB. Deshalb sind die Ordinaten der Drucklinie gegeben durch

$$\eta = z' + \frac{H'}{H}\eta' = 0{,}787 + 0{,}354\,\eta';$$

sie sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt; die Ordinaten der Kernlinien sind nebengesetzt worden. Da überall $y_0 > \eta$ und $y_u < \eta$, so liegt die Drucklinie durchweg im Kern. Ferner enthält die Tabelle die Werthe

$$e_0 = y_0 - \eta \text{ und } e_u = \eta - y_u,$$

aus denen die Spannungen $k'_0 = \frac{6\,He_u}{d^2}$ und $k'_u = \frac{6\,He_0}{d^2}$ berechnet werden können. Die Längen d der radialen Fugen sind auf einer Zeichnung abgegriffen worden.

Speciell für die Fuge 0 findet man

$$k'_0 = 9 \text{ t pro qcm und } k'_u = 98 \text{ t pro qcm.}$$

Tabelle III.

Fuge	y_u	η	y_0	e_u	e_0	d
0	0,729	0,784	1,443	0,062	0,659	1,35
1	1,900	1,980	2,495	0,080	0,415	1,28
2	2,826	2,959	3,341	0,133	0,382	1,22
3	3,573	3,755	4,032	0,182	0,277	1,16
4	4,178	4,390	4,597	0,212	0,207	1,12
5	4,665	4,864	5,054	0,199	0,190	1,09
6	5,046	5,282	5,416	0,234	0,134	1,07
7	5,336	5,570	5,690	0,234	0,120	1,05
8	5,541	5,768	5,882	0,227	0,114	1,03
9	5,660	5,884	5,996	0,224	0,112	1,01
10	5,700	5,922	6,036	0,222	0,114	1,00

Ohne Rücksichtnahme auf die Längenänderung der Bogenaxe kätte sich ergeben:

$$\frac{H'}{H} = \frac{16}{48{,}1} = 0{,}333$$

$$z' = 4{,}409 - 0{,}333 \cdot 10{,}233 = 1{,}001 \text{ m}$$

$$\eta = 1{,}001 + 0{,}333\,\eta'.$$

Speciell für die Fuge 0 wäre dann

$$\eta = 1{,}001 \text{ m},\ e_0 = y_0 - \eta = 1{,}443 - 1{,}001 = 0{,}442$$

$$k'_u = \frac{6 \cdot 48{,}1 \cdot 0{,}442}{1{,}352} = 70 \text{ t pro qm.}$$

Man ersieht, dafs selbst bei minder flachen Bögen die Vernachlässigung der Längenänderung der Bogenaxe zu bedeutenden Fehlern Veranlassung geben kann. Je gröfser d und je kleiner h wird, desto gröfser wird der Fehler.

Wäre man nicht von der Näherungsformel 44, sondern von der Gleichung

$$H = H'\,\frac{u' - f'}{u_0 - f_0}$$

ausgegangen, so hätte man zunächst nach Nr. 28, 31 und 26

$$u^{*)} = \frac{\frac{1}{2}\sum y^2\lambda}{f\frac{1}{2}l} = \frac{\lambda}{30f}\{1{,}082^2 + 5{,}867^2 + 4(2{,}197^2 + 3{,}802^2 + \cdots) + 2(3{,}084^2 + 4{,}387^2 + \cdots)\} = 4{,}845 \text{ m}$$

$$u' = \frac{\frac{1}{2}\sum y\eta'\lambda}{f\frac{1}{2}l} = \frac{\lambda}{30f}\{1{,}082 \cdot 0 + 5{,}867 \cdot 14{,}507 + 4(2{,}197 \cdot 3{,}369 + 4{,}860 \cdot 5{,}514 + \cdots) + 2(3{,}084 \cdot 6{,}136 + 4{,}387 \cdot 10{,}179 + \cdots)\} = 11{,}493 \text{ m}$$

*) Vergl. die Zahlen in Tabelle 1 und 2.

$$f = \frac{\lambda}{30}\{1{,}082 + 5{,}867 + 4(2{,}197 + 3{,}802 + \cdots)$$
$$+ 2,(3{,}084 + 4{,}387 + \cdots)\} = 4{,}419 \text{ m}$$

ermittelt und für die normale Drucklinie

$$H = H'\frac{u' - f'}{u - f} = 16\frac{11{,}493 - 10{,}233}{4{,}845 - 4{,}419} = 47{,}3 \text{ t (statt } 48{,}2 \text{ t)}$$

erhalten. Hierauf hätte man berechnet:

$$\varphi_0 = 0{,}892, \quad \varrho = 12{,}842 \text{ m}$$
$$A = 2\varphi_0 = 1{,}784, \quad C = Ah' = 1{,}784 \cdot 6{,}975 = 15{,}14$$
$$f_0 = f - \frac{d^2}{l}\frac{A}{12} = 4{,}419 - \frac{1{,}2^2}{20} \cdot \frac{1{,}784}{12} = 4{,}408 \text{ m}$$
$$u_0 = u + \frac{d^2}{fl}\frac{C}{12} = 4{,}845 + \frac{1{,}2^2}{4{,}419 \cdot 20} \cdot \frac{15{,}14}{12} = 4{,}865$$
$$H = H'\frac{u' - f'}{u_0 - f} = 16\frac{11{,}493 - 10{,}233}{4{,}865 - 4{,}408} = 45{,}10 \text{ t (statt } 45{,}20 \text{ t)}$$
$$\frac{H'}{H} = \frac{16}{45{,}1} = 0{,}355$$
$$z' = f_0 - \frac{H'}{H}f' = 4{,}408 - \frac{16}{45{,}2}10{,}233 = 0{,}778$$
$$\eta' = 0{,}778 + 0{,}355\,\eta'.$$

Speciell für die Kämpferfuge wäre geworden:

$$\eta = 0{,}778,$$
$$e = y_0 - \eta = 1{,}443 - 0{,}778 = 0{,}665$$
$$k'_u = \frac{6 \cdot 45{,}1 \cdot 0{,}665}{1{,}35^2} = 99 \text{ t pro qm.}$$

Die Differenz zwischen diesem und dem vorhin angegebenen Resultate ist vernachlässigbar, und ersieht man, dafs selbst bei Kreisbögen von gröfserer Pfeilhöhe die Formel 44 noch sehr brauchbare Werthe liefert, ihre Anwendung also der umständlichen Berechnung von u und u' vorzuziehen sein wird. Je flacher der Bogen ist, desto genauer ist das Resultat der Gleichung 44.

3) Wirkung der einseitigen Belastung.

Wird nur eine Hälfte des Gewölbes belastet angenommen, so hat man (vergl. §. 8) zu den Pressungen k'_0 und k'_u noch zu addiren:

auf der belasteten Seite (vergl. Fig. 17)

$$k''_0 = -\frac{3}{32}\frac{vl^2}{d^2}\left(1 - 10\frac{x'}{l} + 32\frac{x'^2}{l^2}\right)$$
$$k''_u = +\frac{3}{32}\frac{vl^2}{d^2}\left(1 - 10\frac{x'}{l} + 32\frac{x'^2}{l^2}\right)$$

und auf der unbelasteten Seite

$$k''_0 = +\frac{3}{32}\frac{vl^2}{d^2}\left(1 - 10\frac{x}{l} + 32\frac{x'^2}{l^2}\right)$$
$$k''_u = -\frac{3}{32}\frac{vl^2}{d^2}\left(1 - 10\frac{x}{l} + 32\frac{x^2}{l^2}\right).$$

Für die Kämpferfuge wird (mit $v = 0{,}4$ t pro m) auf der belasteten Seite

$$-k''_0 = +k''_u = \frac{3}{32}vl^2 = \frac{3}{32} \cdot \frac{0{,}4 \cdot 20^2}{1{,}35^2} = 8{,}2 \text{ t pro qm,}$$

so dafs die Gesammtspannungen für diese Fuge

$$k_0 = +9 - 8 = +1 \text{ t pro qm}$$
$$k_u = +98 + 8 = +106 \text{ t pro qm (zulässig } +120)$$

sich ergeben. Es entstehen also nur Druckspannungen, und wird die der einseitigen Belastung entsprechende Drucklinie in der Fuge 0 die untere Kernlinie nahezu treffen.

Durch Berechnung der Werthe k_0 und k_u für die übrigen Fugen überzeugt man sich, dafs an keiner Stelle Zugspannungen entstehen, mithin die Drucklinie für einseitige Belastung vollständig in den Kern fällt.*)

Nachtrag.

Ableitung der 3 Elasticitätsgleichungen.

Ein elastischer stabförmiger Körper, dessen Schwerpunktsaxe eine Curve einfacher Krümmung ist, werde in der vertical gedachten Ebene dieser Curve durch irgend welche Kräfte ergriffen. Sämmtliche Punkte der Stabaxe mögen auch nach der Deformation in derselben Ebene verbleiben, d. h. es werde angenommen, dafs der Querschnitt des Stabes nur eine Drehung um die horizontale nicht aber um die verticale Schweraxe erfährt, dafs also sämmtliche Querschnittselemente dF, welche von der horizontalen Schweraxe denselben Abstand η haben, durch eine gleichgrofse Normalspannung N afficirt werden. Es ist dies der Fall, wenn die verticale Schweraxe eine Symmetrieaxe ist.

Bedeutet nun

M das Moment der links vom Querschnitte auf den Bogen wirkenden Kräfte P in Bezug auf den Querschnittsschwerpunkt,

R_n die Summe der normal zum Querschnitte wirkenden Componenten der parallel und normal zum Querschnitte zerlegten Kräfte P,

dann mufs sein

$$87) \quad \begin{cases} M + \int N dF \eta = 0 \\ R_n + \int M dF = 0. \end{cases}$$

Es ist dabei η nach oben positiv gezählt und R_n positiv angenommen, sobald es im Querschnitte Druckspannungen hervorruft. Die Spannung N ist als Zug positiv.

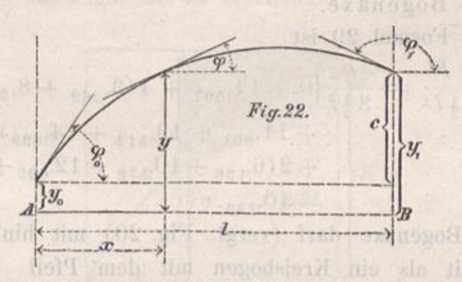


Fig. 22.

Die Bogenaxe wird auf ein rechtwinkliges Coordinatensystem mit horizontaler x-Axe bezogen. Die x zählen nach rechts positiv, die y nach oben; φ bedeute den Neigungswinkel der Tangente gegen die x-Axe. $\varphi_0, y_0, \varphi_1, y_1$, mögen dem linken beziehungsweise rechten Kämpfermittelpunkte entsprechen, ferner sei

$$y_1 - y_0 = c.$$

Bezeichnet man mit ds das Element der Bogenaxe und mit ds_η das Element einer Faser im Abstande η von der horizontalen Schweraxe des Querschnitts, mit Δds und Δds_η die Aenderung dieser Werthe in Folge der Deformation und mit ϱ den Krümmungsradius der Bogenaxe, so folgt

$$ds_\eta = (\varrho + \eta)(-d\varphi) = ds - \eta\, d\varphi$$
$$ds_\eta + \Delta ds_\eta = ds + \Delta ds - \eta(d\varphi + \Delta d\varphi)$$

und nach Subtraction der ersten von der zweiten Gleichung

$$\Delta ds_\eta = \Delta ds - \eta\, \Delta d\varphi.$$

Wird angenommen, dafs bei einer bestimmten Temperatur sämmtliche Spannungen im Bogen nur von den Be-

*) Wie die Berechnung der Pressungen k abzuändern ist, wenn die Drucklinie den Kern verläfst, wird hier als bekannt vorausgesetzt.

lastungen abhängen, und wird diese Temperatur um t Grad erhöht, so besteht die relative Längenänderung $\frac{\Delta\, ds_\eta}{ds_\eta}$ aus zwei Theilen, deren erster

$$\left(\frac{\Delta\, ds_\eta}{ds_\eta}\right)_1 = \frac{N}{E}$$

von der Normalspannung herrührt, während der zweite

$$\left(\frac{\Delta\, ds_\eta}{ds_\eta}\right)_2 = \varepsilon_t\, t$$

eine Folge der Temperaturänderung ist. Dabei bedeutet ε_t die relative Längenänderung für den Temperaturunterschied 1. Es wird also

$$\frac{N}{E} + \varepsilon_t\, t = \frac{\Delta\, ds_\eta}{ds_\eta}$$

und

$$\frac{N}{E} + \varepsilon_t\, t = \frac{\Delta\, ds - \eta\, \Delta\, d\varphi}{ds - \eta\, d\varphi}$$

$$\frac{N}{E} = \frac{\frac{\Delta\, ds}{ds} + \frac{\eta}{\varrho}\, \frac{\Delta\, d\varphi}{d\varphi}}{1 - \frac{\eta}{\varrho}} - \varepsilon_t\, t.$$

Setzt man $\frac{\Delta ds}{ds} = \bar{\varepsilon}_0$ = relative Längenänderung der Bogenaxe,

$\frac{\Delta\, d\varphi}{d\varphi} = \bar{\omega}$ = relative Aenderung des Contingenzwinkels,

so kann man schreiben:

$$88)\quad N = E\left[\bar{\varepsilon}_0 + (\bar{\omega} - \bar{\varepsilon}_0)\frac{\eta}{\varrho + \eta}\right] - \varepsilon_t\, t$$

oder genügend genau

$$89)\quad N = E\left[\bar{\varepsilon}_0 + (\bar{\omega} - \bar{\varepsilon}_0)\left(\frac{\eta}{\varrho} - \frac{\eta^2}{\varrho^2}\right)\right] - \varepsilon_t\, t.$$

Die Potenzen $\left(\frac{\eta}{\varrho}\right)^3 \left(\frac{\eta}{\varrho}\right)^4 \cdots$ dürfen vernachlässigt werden. Die Einführung von N in die Bedingungsgleichungen 87 liefert

$$0 = \frac{M}{E} + \bar{\varepsilon}_0 \int \eta\, dF + \varrho(\bar{\omega} - \bar{\varepsilon}_0)\int \frac{\eta^2}{\varrho^2} dF - \varepsilon_t\, t \int \eta\, dF$$

$$0 = \frac{R_n}{E} + \bar{\varepsilon}_0 \int dF + (\bar{\omega} - \bar{\varepsilon}_0)\int \frac{\eta}{\varrho} dF - (\bar{\omega} - \bar{\varepsilon}_0)\int \frac{\eta^2}{\varrho^2} dF - \varepsilon_t\, t \int dF$$

und aus diesen Gleichungen findet man, wegen $\int \eta\, dF = 0$, $\int dF = F$, $\int \eta^2\, dF = J$ (= Trägheitsmoment),

$$90)\quad \bar{\varepsilon}_0 = -\frac{1}{EF}\left[R_n + \frac{M}{\varrho}\right] + \varepsilon_t\, t$$

$$91)\quad \bar{\omega} = -\frac{1}{EF}\left[R_n + \frac{M}{\varrho} + \frac{M\varrho F}{J}\right] + \varepsilon_t\, t$$

$$92)\quad \bar{\omega} = \bar{\varepsilon}_0 - \frac{M\varrho}{EJ}.$$

Setzt man zur Abkürzung

$$-\frac{1}{EF}\left(R_n + \frac{M}{\varrho}\right) = \varepsilon_0$$

$$-\frac{1}{EF}\left(R_n + \frac{M}{\varrho} + \frac{M\varrho F}{J}\right) = \omega,$$

so folgt

$$\bar{\varepsilon}_0 = \varepsilon_0 + \varepsilon_t\, t \qquad \bar{\omega} = \omega + \varepsilon_t\, t.$$

Die Einführung der durch die Gl. 90 und 91 gegebenen Werthe in Nr. 88 liefert

$$93)\quad N = -\frac{R_n}{F} - \frac{M}{\varrho F} - \frac{M\varrho\eta}{J(\varrho + \eta)}.$$

Werden die Pressungen positiv angenommen, so erhält man die in der Anmerkung Seite 38 gegebene Formel.

Die auf den Bogen wirkenden Kräfte haben zur Folge, dafs y, x und φ übergehen in

$$y + \Delta y, \quad x + \Delta x \quad \text{und} \quad \varphi + \Delta\varphi.$$

Aus $dx = ds \cos\varphi$ folgt

$$\Delta\, dx = \cos\varphi \cdot \Delta ds + ds \cdot \Delta \cos\varphi$$

und, da $\Delta \cos\varphi = -\sin\varphi\, \Delta\varphi$ ist,

$$\Delta\, dx = \Delta\, ds \cdot \cos\varphi - \varphi\, dy$$

$$= \frac{\Delta\, ds}{ds} \cdot dx - \Delta\varphi\, dy.$$

Ebenso folgt aus $dy = ds \sin\varphi$

$$\Delta\, dy = \frac{\Delta\, ds}{ds} dy + \Delta\varphi\, dx.$$

Sind nun Δy_0 und $\Delta\varphi_0$ die Aenderungen von y_0 und φ_0, so wird an der Stelle x

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_0 + \int_0^x d(\Delta\varphi) = \Delta\varphi_0 + \int_0^x \frac{\Delta\, d\varphi}{d\varphi} d\varphi = d\varphi_0 + \int_0^x \bar{\omega}\, d\varphi$$

$$\Delta y = \Delta y_0 + \int_0^x \Delta y = \Delta y_0 + \int_0^x \Delta\varphi\, dx + \int_0^x \bar{\varepsilon}_0\, dy$$

$$\Delta x = \int_0^x \Delta x = -\int_0^x \Delta\varphi\, dy + \int_0^x \bar{\varepsilon}_0\, dx.$$

Partielle Integration liefert

$$\int_0^x \Delta\varphi\, dx = \Delta\varphi\, x - \int_0^x x\, d(\Delta\varphi)$$

$$\int_0^x \Delta\varphi\, dy = \Delta\varphi\, y - \Delta\varphi_0\, y_0 - \int_0^x y\, d(\Delta\varphi),$$

mithin erhält man wegen

$$d(\Delta\varphi) = \bar{\omega}\, d\varphi \quad \text{und} \quad \bar{\omega}\, d\varphi = \bar{\varepsilon}_0\, d\varphi - \frac{M\varrho\, d\varphi}{EJ}$$

die Formeln

$$94)\quad \Delta\varphi = \Delta\varphi_0 + \int_0^x \bar{\varepsilon}_0\, d\varphi + \int_0^x \frac{M\, ds}{EJ}$$

$$95)\quad \Delta y = \Delta y_0 + \Delta\varphi \cdot x - \int_0^x \bar{\varepsilon}_0 (x\, d\varphi - dy) - \int_0^x \frac{Mx\, ds}{EJ}$$

$$96)\quad \Delta x = -\Delta\varphi\, y + \Delta\varphi_0\, y_0 + \int_0^x \bar{\varepsilon}_0 (y\, d\varphi + dx) + \int_0^x \frac{My\, ds}{EJ}.$$

Setzt man $x = l$ und $\bar{\varepsilon}_0 = \varepsilon_0 + \varepsilon_t\, t$, bezeichnet ferner mit Δl, $\Delta\varphi_1$ und Δy_1 die Aenderungen von l, φ_1 und y_1, so ergeben sich die 3 Elasticitätsgleichungen

$$97)\quad \begin{cases} \Delta\varphi_1 = \Delta\varphi_0 + \int_0^l (\varepsilon_0 + \varepsilon_t t)\, d\varphi + \int_0^l \frac{M\, ds}{EJ} \\ \Delta c = \Delta\varphi_4\, l - \int_0^l (\varepsilon_0 + \varepsilon_t t)(x\, d\varphi - dy) - \int_0^l \frac{Mx\, ds}{EJ} \\ \Delta l = -\Delta\varphi_1\, y_1 + \Delta\varphi_0\, y_0 + \int_0^l (\varepsilon_0 + \varepsilon_t t)(y\, d\varphi + dx) + \int_0^l \frac{My\, ds}{EJ}. \end{cases}$$

Nimmt man $\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_0$, Δc, Δl sämmtlich $= 0$ an und vernachlässigt ε_0 und $\varepsilon_t\, t$, so erhält man die Elasticitätsgleichungen des Normalzustandes (vergl. die Formeln 12 bis 14).

Die Berücksichtigung der Glieder mit ε_0 führt zu den in §. 5 angewandten Gleichungen.

In §. 6 wurden die Elasticitätsgleichungen mit Rücksichtnahme auf die Aenderungen $\Delta\varphi$, $\Delta\varphi_1$, Δl, Δc und

unter der vereinfachenden Voraussetzung eines constanten $J' = J \cos \varphi$ sowie eines constanten $\varepsilon_0 J'$ angeschrieben.

Ordnet man Kämpfergelenke an, so wird (vergl. Fig. 1 und 21) $z' = y_0$ und $z'' = y_1$. Es besitzen aber dann $\Delta \varphi_0$ und $\Delta \varphi_1$ analoge Werthe. Wenn also $\Delta l = 0$ und $\Delta c = 0$ angenommen, d. h. Unverschieblichkeit der Widerlager vorausgesetzt wird, so enthalten die Gleichungen die Unbekannten H, $\Delta \varphi_0$ und $\Delta \varphi_1$, und kann man nach Eliminiren von $\Delta \varphi_0$ und $\Delta \varphi_1$ den Horizontalschub H finden und die Drucklinien ermitteln.

Wenn aufser an den Kämpfern noch an irgend einer Stelle ein Gelenk liegt, so mufs das Angriffsmoment für die Axe dieses Gelenkes gleich Null sein. Aus dieser Bedingung läfst sich H auf rein statische Weise ermitteln.

Die Gleichungen 94 bis 96 dürfen aber nicht zur Berechnung der Unbekannten $\Delta \varphi_0$ und $\Delta \varphi_1$, deren Kenntnifs die Bestimmung der Δy, Δx und $\Delta \varphi$ für irgend eine Stelle ermöglicht, verwerthet werden, denn sie werden ungültig, weil $\Delta \varphi$ an der Stelle, an welcher das Gelenk liegt, unstetig ist. Der Winkel, den die unmittelbar links und rechts vom Scheitelgelenk construirten Tangenten nach der Deformation mit einander bilden, tritt als dritte Unbekannte auf.

Heinrich Müller-Breslau.

Die Baudenkmale Umbriens.

(Schlufs.)

(Schlufs von „IX. Gubbio" im Jahrg. 1881 S. 69 u. f. Mit Zeichnungen auf Blatt 13 bis 19 im Atlas des Jahrgangs 1881.)

Ueber das obere Geschofs des Palazzo Ducale bleibt neben der Darstellung des Grundrisses auf Tafel 13 wenig zu sagen übrig. Es ist interessant zu sehen, wie der Baumeister sich den nöthigen Raum für die Haupttreppe frischweg aus dem Felsen herausgeschnitten und dabei dem im Dunkeln begrabenen Zwischenpodest durch einen schrägen Schacht Licht und Luft zuzuführen gesucht hat. Die Treppe steigt von dem Obergeschofs noch höher aufwärts, und vermittelt dadurch die Verbindung des Palastes mit dem zunächst an dessen Rücken sich anlehnenden Terrainabschnitt. Die beiden grofsen rechtwinkligen Treppenöffnungen im oberen Corridor werden von einem glatt gearbeiteten mäfsig breiten Steinrahmen eingefafst, dessen architravartige Profilirung ich gleichsam als das Normalprofil im Palazzo Ducale kennzeichnen möchte. Dasselbe kehrt in derselben Gliederfolge an allen einfacher behandelten rechtwinkligen Umrahmungen wieder, an der Innenseite der grofsen Thorwege des Hofes, an allen untergeordneteren Thüren, an den Fenstern unter den Hofumgängen und an den Einfassungen der hohen Fensternischen in den Hauptsälen (vgl. die Holzschnitte Nr. 97 und 98). Alle architektonischen Details des zweiten Stockwerks tragen den Stempel schlichter Wohlangemessenheit aufgeprägt. Hie und da begegnet man auf einem Thürfriese dem Namenszug des Federigo neben einem der so oft decorativ verwendeten Ordensabzeichen. Eine etwas reichere Ausstattung ist allein einem Kamine in dem oberhalb des fensterlosen Zimmers des Hauptgeschosses liegenden Gemache zu Theil geworden. Die Mitte der Friesverzierung an diesem Kamin erschien mir einer besonderen Abbildung im Holzschnitt Nr. 103 werth.



Nr. 103. Detail von dem Friese eines Kamins im Obergeschofs des Palazzo Ducale.

Bei der Mehrzahl der Zimmer sind die Fenster in höchst ungewöhnlicher Lage angebracht. Da man von der Sonnenseite her den unmittelbaren Eintritt von Luft und Licht ermöglichen wollte, mufste man wegen der erforderlichen Constructionshöhe für das Dach der beiden grofsen Säle im Hauptgeschofs die Fenstersohlbänke in mehr als 4 m Höhe über dem Fufsboden anlegen. So haftet diesen Räumen trotz ihrer beträchtlichen Höhe und genügender Helligkeit etwas unbehaglich gefängnifsartiges an. Eine Ausnahme macht wieder das eigenthümliche Gemach an der südlichen Ecke des Palastes, welches an $20{,}_0$ m lang sich weit vorstreckt, wie um recht ungehindert in freier sonniger Luft athmen zu können.

Von ausnehmend freundlicher Wirkung sind die den Hof rings umziehenden geräumigen lichten Corridore. Sie sind mit leicht construirten, an den Ecken in Kreuzgewölbform sich durchschneidenden Flachbogentonnen überdeckt, deren Kämpferlinie mit dem im Holzschnitt Nr. 104 dargestellten niedlichen kleinen Gurtband geschmückt ist. Die grofse Verschiedenheit in der Spannweite thut dem wohnlichen Eindruck dieser seiner Zeit vom Getreibe des herzoglichen Gefolges heiter belebten Hallen keinen Eintrag.



Nr. 104. Kämpfergesims der Corridorgewölbe im Obergeschofs des Palazzo Ducale.

Neben der vereinzelt liegenden Kammer an der Ostecke des Hofumganges schliefst sich ein kleines durch die Stützmauer der höher ansteigenden Berglehne begrenztes Höfchen an, in dem ein Strahl der Wasserleitung munter sprudelt. Hier haben später mehrfach Umbauten stattgefunden, auch einige ältere Baureste mischen sich ein. Ueber dem kleinen Hofraum spannt sich jetzt ein breiter moderner Bogen aus und trägt auf seinem Rücken ein neueres ärmliches Wohnhaus, das sich bis zum Treppenhause des Palastes erstreckt.

Um das Bild des Palazzo Ducale zu Gubbio völlig zum Abschlufs zu bringen, erübrigt noch ein Wort über die der

Mehrzahl nach originalen nach den Angaben und unter der Aufsicht des Luciano oder des Baccio Pontelli ausgeführten Tischlerarbeiten für die Fenster- und Thürverschlüsse. Im Vergleich zu den mit großer Sorgfalt construirten und durch eine opulente Ausschmückung mit vorzüglicher eingelegter Arbeit hervorragenden Holzarbeiten sind die Schmiede- und Schlosserarbeiten sehr nebensächlich behandelt, wohl solid und dem praktischen Bedürfniſs entsprechend, aber durchaus kunstlos in der Form. An der Wetterseite des Palastes scheint sogar das Holz entschieden besser Stand gehalten zu haben als das Eisen.

Was zunächst die Fensterabschlüsse anlangt, so hat man sich überall da, wo die Fensteröffnungen gegen den Regen geschützt lagen, und auſserdem in einzelnen Nebenräumen mit bloſsen Laden begnügt. So ist beispielsweise an den groſsen rechteckigen Fenstern unter den Hofhallen im Hauptgeschoſs (vgl. den Holzschnitt Nr. 98) kein Glasverschluſs zu bemerken. Gegen das Einsteigen war auſserhalb der inneren Laden zwischen den Fenstergewänden durch eine einfache Vergitterung aus rechtwinklig sich kreuzenden starken Eisenstäben Vorsorge getroffen. Die sehr gefällig eingetheilte Schauseite der schweren starken Ladenflügel ist an den Rahmhölzern hübsch ausgekehlt und mit feinen eingelegten Entarsiabändern verziert. Durch ihre Lage vor Nässe und Stoſs geborgen, haben sich diese Laden in recht gutem Zustande erhalten. Uebel aber hat das Wetter den Fenstern in den Auſsenfronten und namentlich in den beiden groſsen Sälen mitgespielt. Wir begegnen daselbst einer ganz eigenthümlichen Verschluſsart aus einer theilweisen äuſseren Verglasung und aus durchgehenden inneren Laden bestehend. Die Fenster haben $1,_{35}$ m lichte Weite und im Scheitel des sehr gedrückten Spitzbogens gemessen $3,_{6}$ m Höhe. Aus unverkennbaren Spuren geht hervor, daſs nur der obere Theil der Fenster verglast war. Etwas unterhalb der Fenstermitte gewahrt man in den aus kleinen Kalksteinquadern aufgeführten Gewänden zwei gröſsere Löcher, wo einst eine stärkere Eisenstange eingriff, welche die solide Grundlage für die oberhalb sich anschlieſsende, jetzt übrigens nirgends mehr erhaltene alte Verglasung aus kleinen in Blei gefaſsten Scheiben abzugeben bestimmt war. Nach oben reiht sich eine groſse Anzahl kleinerer Löcher an, in welche die Befestigungsdorne des eisernen Fensterrahmens eingelassen waren. Die Anordnung der wuchtigen inneren Laden ist aus dem Holzschnitt Nr. 97 deutlich zu ersehen. Durch eine horizontale, ein wenig oberhalb des starken Stützeisens des Auſsenfensters durchgeführte Theilung ist der Ladenverschluſs in zwei von einander unabhängige Flügelpaare zerlegt. Des Tages waren wohl in der Regel die Laden bei gutem Wetter ganz geöffnet, bei Nacht ganz geschlossen. Trat regnerisches oder stürmisches Wetter ein, so schloſs man das untere Ladenpaar, wodurch der Raum nur die Hälfte seiner Beleuchtung einbüſste. Unmöglich freilich konnte bei so mangelhaftem Abschluſs und bei der hohen exponirten Lage des Palastes eine gute Sicherung gegen eindringenden Schlagregen und gegen scharfen Luftzug erreicht werden.

Waren die Laden geschlossen, so stellten sie sich nach der Saalseite hin als festgefügte glatte Tafeln dar, die in einer sehr wirkungsvollen Manier mit den anmuthigsten, zwar nur aufgemalten aber die Entarsiatechnik auf das Täuschendste nachahmenden Ornamenten bedeckt sind (vgl. Nr. 97). Der Maler hat die Verzierungen mit blasser gelblich brauner Farbe auf dem dunklen Untergrunde aufgetragen und danach durch feine dunkle Linien die Zeichnung in den hellen Flächen vervollständigt. Es ist zu verwundern, in wie hohem Grade diese einfache Decorationsweise an so unmittelbar den Witterungseinflüssen unterworfener Stelle Stand gehalten hat. Ueber die inneren glatten Tafeln der Laden sind an der Auſsenseite gestemmte aus verzapften Rahmhölzern zusammengearbeitete Rahmen mit dicht geordneten groſsen rundköpfigen Nägeln aufgenagelt.

In ganz ähnlicher Weise werden auch von Anfang an die Fensterverschlüsse in den oberen Hofumgängen angefertigt gewesen sein. Die jetzt daselbst vorhandenen bestehen aus einem festen mit rechteckigen mittelgroſsen Scheiben verglasten Holzrahmen in der oberen und derben nach Innen aufgehenden hölzernen Laden in der unteren Hälfte der Oeffnungen. Nach den Profilirungen und nach der Dürftigkeit der Arbeit zu schlieſsen, stammen indeſs diese Verschlüsse aus viel jüngerer Zeit.

Die Thüren sind durchgehend mit der gröſsten Sorgfalt behandelt worden. Die Constructionsweise entspricht derjenigen der Fensterladen, indem jeder Flügel aus zwei verschiedenen über einander geleimten und vernagelten Tafeln zusammengefügt ist. Die eine der Tafeln wurde aus Rahmstücken und Zwischentafeln von gleichmäſsiger Stärke mit beiderseits glatter Oberfläche hergestellt, um Raum für eine reiche Entarsiadecoration zu bieten. Die andere auf der Rückseite der Haupttafel befestigte Vertäfelung bestand zumeist aus einem verschiedenartig eingetheilten Rahmwerk mit oder ohne Füllungstafeln, an den Rändern mit hübschen Profilirungen, bisweilen auch mit besonders aufgesetzten Umrahmungsleisten ausgestattet. In die vertieften mit Vorliebe quadratisch gebildeten Füllungsflächen wurden oft noch Rosetten oder diagonal gestellte quadratische Platten oder einzelne Ordensabzeichen eingesetzt. Die breiteren Flächen der Rahmstücke sind mit feinen Entarsiabändern gesäumt. Ich verweise zur Veranschaulichung des Gesagten auf die zwei auf Tafel 15 abgebildeten Thüren. Nur in wenigen Fällen bestehen die beiden über einander befestigten Tafeln einer Thür aus glatten Platten. Mit Ausnahme der Rosetten in den Füllungen und der hie und da verwendeten Ordensabzeichen ist keinerlei Decoration in Holzschnitzerei zur Anwendung gekommen.

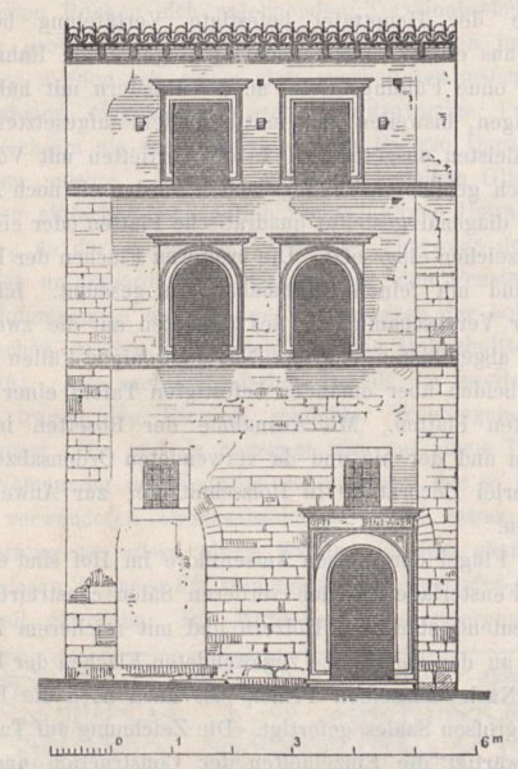
Die Flügel der groſsen Auſsenthore im Hof sind ebenso wie die Fensterladen in den vorderen Sälen construirt, nur aus bedeutend stärkeren Hölzern und mit reicherem Nagelschmuck an den der Straſse zugewendeten Flächen der Rahmhölzer. Nach demselben Princip ist auch noch die Hauptthür des groſsen Saales gefertigt. Die Zeichnung auf Tafel 15 vergegenwärtigt die Einzelheiten der Construction und wie ein kleineres Flügelpaar zum gewöhnlichen Gebrauch in die groſsen Thürflügel eingehängt ist. Die Nagelköpfe sind hier sehr sauber zu fünftheiligen Knäufen auf kreisförmiger Grundplatte ausgeschmiedet.

In den Holzschnitten Nr. 95 und 96 sind die Reste einer gleichfalls noch ursprünglichen Holzvergatterung in der Bogenöffnung beim Antritt der Haupttreppe verzeichnet.

Die Geduld des Lesers ist durch die Breite der vorstehenden Beschreibung des herzoglichen Palastes zu Gubbio

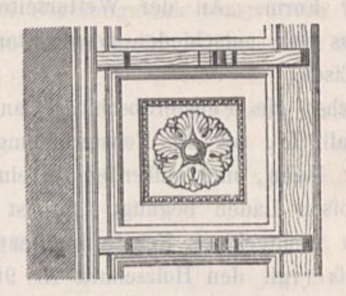
vielleicht über Gebühr in Anspruch genommen worden. Ich behandelte das schon um seines Erbauers willen so hoch interessante Bauwerk mit besonderer Ausführlichkeit in der Besorgnifs, dafs binnen kurzer Frist die Raubzüge der Gewinnsucht im Innern im Verein mit den immer leichteres Spiel findenden Angriffen der Wetterstürme von Aufsen die morschen Mauern und Dächer zur völligen Ruine umgewandelt haben werden. Möchte wenigstens der schöne Hof erhalten bleiben als ein edles Denkmal jenes glücklichen Zeitalters der Baukunst und zum ehrenden Gedächtnifs des Baumeisters Luciano aus Laurana und seines kunstsinnigen Bauherrn Federigo Montefeltre, Herzogs von Urbino.

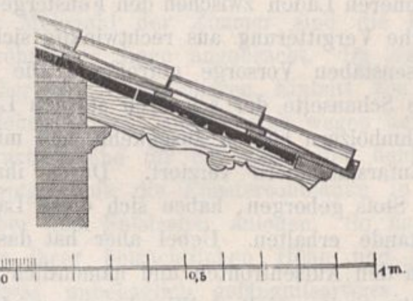
Die Privatbauthätigkeit ist in Gubbio dem Beispiel, welches der Bau der Herzöge gegeben hatte, nur langsam gefolgt. Es ist wohl denkbar, dafs der umfangreiche Palastbau die Bauhandwerker der Stadt in dem Maafse in Anspruch nahm, dafs die Bürgerschaft mit ihren Anforderungen mehr zurückstehen mufste. Es kommt hinzu, dafs, wie wir gesehen hatten, mehrere der angesehensten Familien der Stadt noch in den letzten Zeiten mittelalterlicher Kunstübung ihre städtischen Wohnsitze weiträumig und solid neu gebaut und eingerichtet hatten. Dem 15. Jahrundert weifs ich kein weiteres Bauwerk mit Sicherheit zuzuschreiben, wenn auch einige der in der Stadt anzutreffenden, die Merkzeichen der Frührenaissance an sich tragenden kleinen Architekturreste noch dieser Epoche angehören mögen. Am ehesten dürfte dies bei einem hübschen kleinen Hause in der Via della Dogana Nr. D, 9 anzunehmen sein.



Nr. 105. Kleines Wohnhaus in der Via della Dogana Nr. D, 9.

Hier ist, wie der Holzschnitt Nr. 105 zeigt, das ursprünglich mittelalterliche Häuschen eines Kleinbürgers geschmackvoll und verständig umgebaut, und so eine recht ansprechende kleine Frührenaissancefaçade entstanden. Die Strafsenfront mifst nur wenig über 6 m in der Breite, die Höhe der Stockwerke erreicht noch nicht einmal 3 m von Fufsboden zu Fufsboden gemessen. Das alte, wackere Mauerwerk des Mittelalters hat unwillig den neumodischen Mörtelbewurf abgeschüttelt, und zeigt wieder den warmen röthlichen Farbton des hiesigen Kalksteins, mit welchem die verwitterten Putzreste und das tiefe Grau der Sandsteinumrahmungen an Thür und Fenstern in malerischen Contrast treten. Ueber das obere Stockwerk wirft das um 75 cm ausladende Dach einen kräftigen Schlagschatten. Dieser Dachvorsprung ist bei aller Einfachheit mit feinem künstlerischen Sinn ausgebildet (siehe den Holzschnitt Nr. 106). Dicht über einem





Nr. 106. Dachvorsprung an dem Hause Via della Dogana Nr. D, 9.

aus zwei Formziegelschichten bestehenden Gesimschen springen die schmalen consolartig ausgeschnittenen Dachsparren vor. An der Traufe bietet eine derbe Holzleiste der Backsteinplattung, auf welcher die schweren Dachpfannen lagern, eine sichere Stütze. Nach dem Vorbilde des Palazzo Ducale, aber viel zierlicher wie dort, ist hier für den frei sichtbaren Theil der Dachunterfläche in der Plattung mittelst quadratischer an der Unterfläche cassettenartig ornamentirter Backsteintafeln ein für ähnliche Fälle sehr nachahmungswerthes



Nr. 107. Von einem Hause in der Via de' Consoli.

reizendes Decorationsmotiv gewonnen. Es verlohnt sich gewifs, auch solche Beispiele des einfachsten mit ganz bescheidenen

Mitteln arbeitenden baukünstlerischen Schaffens zur Veröffentlichung zu bringen.

Einen ähnlich anmuthigen kleinen Baugedanken, ganz im Sinne und in der Ausdrucksweise der Frührenaissance ausgeführt, stellt der Holzschnitt Nr. 107 vor Augen. Dieses niedliche Architekturidyll findet sich an einem kleinen Hause übrigens mittelalterlicher Bauart in der Strecke der Via de' Consoli unterhalb des sogenannten alten Municipiums. Die beiden dargestellten Beispiele zeigen wiederum, dafs die neuen Kunstformen mit dem von Alters her üblichen Kalksteinmaterial nichts auszurichten vermochten. Die pietra serena hat das Feld vollständig erobert.

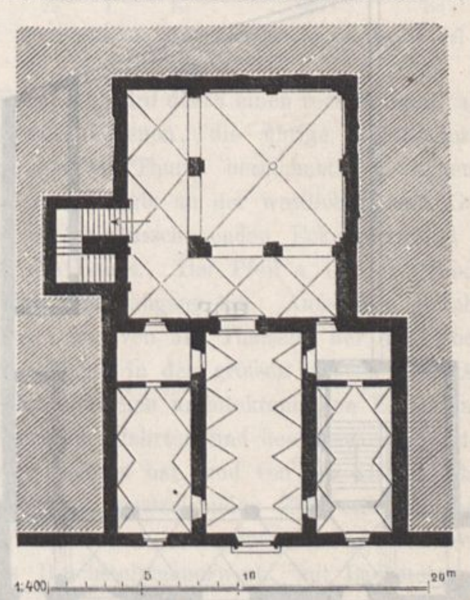
Erst nachdem mit dem Tode des Papstes Alexander VI im Jahre 1503 nach der wilden Gewaltherrschaft des Cesare Borgia ruhigere Zeiten wiedergekehrt und der Herzog Guid' Ubaldo, der längere Zeit aus seinem Besitz verdrängt gewesen war, in Frieden wieder über Gubbio gebieten konnte, scheint man sich zu vermehrter Bauthätigkeit angeregt gefühlt zu haben. So weist Gubbio aus der Epoche der Hochrenaissance eine ganze Anzahl recht beachtenswerther Leistungen auf dem Gebiete der Profanarchitektur auf.

Die Municipalität, im Besitz jener oben besprochenen imposanten Bauten aus der Zeit ihrer gröfsten Macht und Selbstständigkeit, hatte freilich zu gröfseren Bauausführungen keinen Anlafs; doch baute sie das oberste Geschofs des Palazzo de' Consoli bequemer aus. Die Säle und Gemächer wurden mit Stichkappengewölben eingewölbt, die Fenster und Laden nach den Anforderungen einer verwöhnteren Zeit erneuert. Damals ward auch in dem gröfsten dieser neu eingerichteten Säle der schöne reich verzierte Waschbrunnen aufgestellt, welcher auf Tafel 17 in Ansicht und Durchschnitt dargestellt ist. Das Datum seiner Entstehung, den 14. April 1530, überliefert uns in etwas geschraubter Redeweise die Inschrift, welche sich an dem Brunnen vorfindet. Vor zwei rechtwinkligen schmalen Rundbogennischen, die, dicht an einander gerückt und nur durch einen schmächtigen Trennungspfeiler geschieden, tief in das alte Mauerwerk hineinschneiden, ist die mit einem weit ausladenden und über drei Consolen verkröpften Verdachungsgesims abschliefsende Rückwand des Brunnens aufgebaut. Durch die verschiedene Behandlung der Consolen und durch die wohl überlegte Art, wie die Rückwand so tief in die Mauer eingebettet wurde, dafs dadurch der Vorsprung des eigentlichen Brunnentroges in den Saalraum hinein um ein Beträchtliches eingeschränkt werden konnte, ist eine recht originelle und kräftige Reliefwirkung erzielt. Aufserdem übt auch die Zwanglosigkeit, mit der sich der wackere Steinmetz über eine strenge Axeninnehaltung hinwegsetzte und den Sockel des Troges zweitheilig und diesen selbst dreitheilig ausbildete, dann aber in der Hinterwand zur Viertheilung übersprang, um schliefslich im krönenden Gesims zu der durch die alte Wandnischenbildung gebotenen Zweitheilung zurückzukehren, einen besonders bestechenden Reiz aus. Die Ausführung im Detail ist zum Theil von höchster Eleganz. Dagegen sind in den Füllungen, aus welchen die vier metallenen Speiröhren hervorragen, weder die Masken noch die rings um dieselben verwendeten Ornamentmotive in der Zeichnung sonderlich lobenswerth ausgefallen. Das Material ist wieder der graue Sandstein. Alles ist sehr gut erhalten, der Brunnen sichtlich nur wenig abgenutzt. Schon seit Jahrhunderten mag das Gemurmel der Wasserstrahlen in diesem unbequem zugänglichen und deshalb längst nicht mehr benutzten Raume verstummt sein.

Der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts verdankt eine gröfsere Anzahl stattlicher Privathäuser ihre Entstehung. Die genaue Angabe des Erbauungsjahres für diese nicht so sehr den Charakter eines palastartigen Adelssitzes als vielmehr den des behäbigen Wohnsitzes eines wohlbegüterten Bürgers an sich tragenden Bauten vermag ich im Einzelnen nicht anzugeben. Nur bei einem derselben, der jetzigen Casa Bettilli, Via del Corso Nr. C, 48, ist der Name des Bauherrn, eines Arztes Girolamo Acoromboni, bekannt, und als Jahr der Erbauung nach einer mir von Herrn Luigi Bonfatti zugegangenen Notiz das Jahr 1530 ermittelt worden.

An der schönen architektonisch reich ausgestatteten Bogenöffnung zwischen dem Vestibül des Hauses und der Pfeilerhalle des Hofes, welche auf Tafel 18 im Einzelnen dargestellt ist, befindet sich auf den Halsflächen der Pilaster folgende Inschrift eingemeifselt: Hieronymus Acorombonius unicus tempestate sua physicus et medicus sibi ac suis posuit. Mit dem den Aerzten eigenen praktischen Sinn hat er das so oft in Stein geschriebene sibi ac suis posuit der stillen Grabesstätte vorweg entzogen und an den Ort verpflanzt, wo er inmitten seines lebensvollen und lebenerhaltenden Wirkens sich stolz fühlen durfte als Hausherr und Familienvater wie als nützlicher Bürger der Stadt. Soll man das als eitle Ruhmsucht schelten? Wäre es nicht auch unserer Zeit zu wünschen, dafs häufiger der Einzelne, wo er es kann, so monumental wie hier, und, wohlverstanden, doch im Innern seines Hauses seinem Selbstgefühl ein künstlerisches Denkmal setze?

Die Casa Acoromboni, Nr. 13 im Stadtplan, von welcher im Holzschnitt Nr. 108 eine Skizze der Haupträume



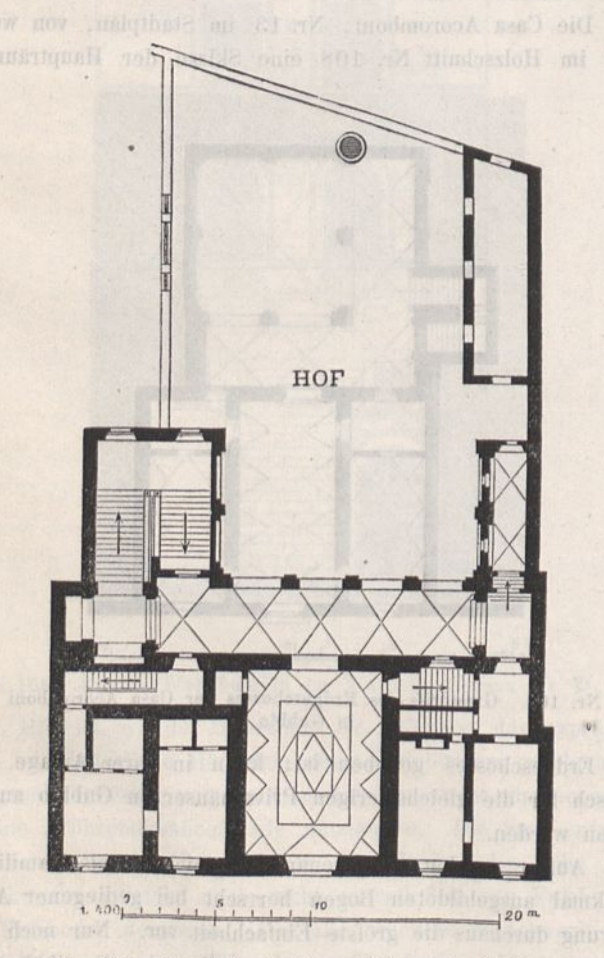
Nr. 108. Grundrifs des Erdgeschosses der Casa Acoromboni in Gubbio.

des Erdgeschosses gegeben ist, kann in ihrer Anlage als typisch für die gleichalterigen Privathäuser in Gubbio angesehen werden.

Aufser an den oben genannten gleichsam als Familiendenkmal ausgebildeten Bogen herrscht bei gediegener Ausführung durchaus die gröfste Einfachheit vor. Nur noch die Kämpferconsolen des Stichkappengewölbes im Vestibül sind

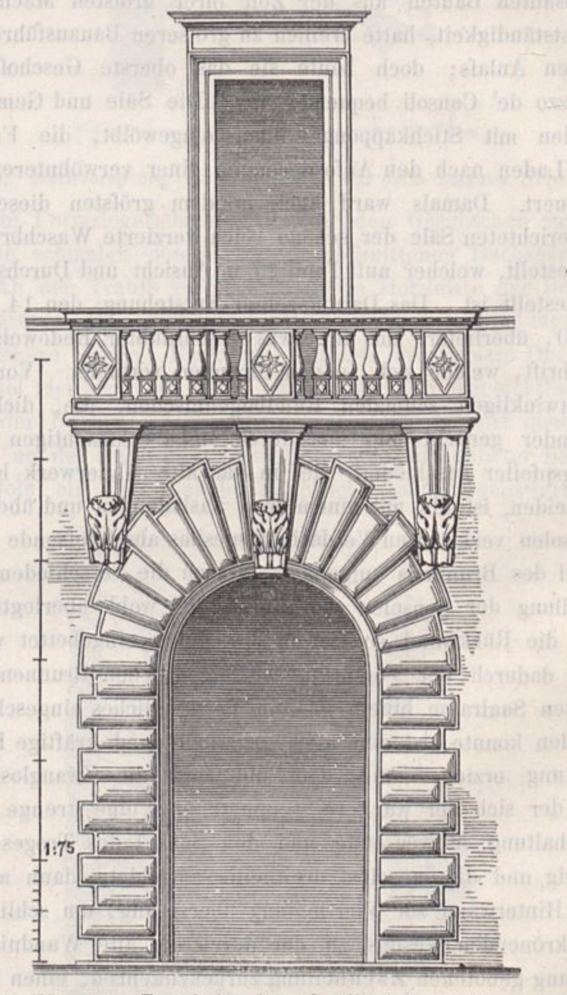
durch zierliche und mannigfaltig componirte Steinhauerarbeit ausgezeichnet. Die Solidität der Technik bekundet sich vornehmlich in dem sorgsam ausgeführten Backsteinrohbau der unteren Pfeiler der Hofarcaden und in der vortrefflichen Pflasterung des von der Mitte nach den Ecken hin abgewässerten Hofes. Die geräumige Eingangshalle mit den rechts und links sich öffnenden Thüren zu den ebenerdigen Geschäftsräumen, die offene Hofhalle, an welche sich seitwärts, alsbald in's Auge fallend, die Haupttreppe zu den oberen Geschossen anlehnt, sind allen diesen Häusern gemeinsam. Das Erdgeschofs ist durchweg gewölbt. In den höheren Stockwerken hielt man mit Rücksicht auf die hier sehr rauhe Winterszeit die als Corridore dienenden Hofumgänge geschlossen, indem man entweder zwischen die Pfeiler und Bögen nur dünne Wände einspannte, oder, wie im grofsen Hofe des Palazzo Ducale, über den Arcaden des Erdgeschosses nach oben volle Mauerflächen mit mehr oder weniger reich umrahmten Fensteröffnungen folgen liefs. In der Casa Acoromboni ist für das Hauptgeschofs der Hofarchitektur die erstere Bauart gewählt. Das niedrige zweite Stockwerk aber zeigt geschlossene Wandflächen mit Mezzaninfenstern unter dem hübschen steinernen Consolgesims. Gegenüber der in dem Innenbau sich aussprechenden Behäbigkeit stellt sich die übrigens modernisirte Aufsenfront am Corso hauptsächlich wegen des Mangels eines angemessenen Portals recht unbedeutend dar.

Als ein zweites Beispiel eines ansehnlichen Bürgerhauses des sechszehnten Jahrhunderts kann die dem jetzigen Besitzer des Palazzo Ducale gehörige Casa Balducci genannt werden, Nr. 17 im Stadtplan.



Nr. 109. Grundrifs der Casa Balducci in Gubbio.

Den Grundrifs des Erdgeschosses veranschaulicht der Holzschnitt Nr. 109. Die Fenster und die Eingangsthür der regelmäfsig ausgebildeten Strafsenfront sind hier kräftiger behandelt. Das Vestibül, eine weite Halle von 7 auf 10 m erscheint wegen mangelnder decorativer Ausstattung gar zu öde. Erfreulich aber wirkt der an der Vorderseite von einer offenen Arcadenstellung seitwärts durch zwei kurze architektonisch durchgebildete Flügelbauten abgegrenzte Hof. Es kommt demselben zu Statten, dafs das Haus nicht mehr am Bergabhange, sondern schon in dem völlig ebenen unteren Stadttheil gelegen ist. So öffnet sich der Hof nach hinten, wo er sich bis an die niedrige alte Stadtmauer erstreckt, gleichsam in's Freie. Ein gröfserer Garten schliefst sich zur Linken an ihn an. Auch für die opulent angelegte Treppe, deren Läufe die beträchtliche Breite von nahezu drei Metern erhalten haben, stellte die günstige Lage des Grundstücks Raum und Licht in Fülle zur Verfügung. Ist man auf derselben zum Hauptgeschofs hinaufgestiegen, so befindet man sich einer Thür gegenüber, welche der jetzige Eigenthümer mit der aus dem Hauptsaale des Palazzo Ducale entnommenen schönen Steinumrahmung ausgestattet hat, welche wir auf Tafel 15 dargestellt haben.



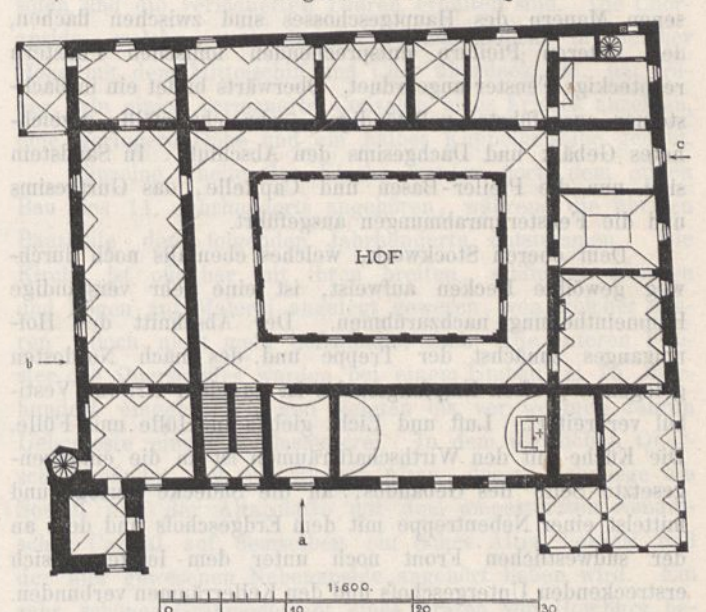
Nr. 110. Portal der Casa Camiletti in Gubbio.

Konnte in der Casa Balducci der Hof besonders frei entwickelt werden, so mufste eben des steil abfallenden Terrains wegen bei der in der Via degli Uffizi gelegenen, sonst recht ausgedehnten Casa Camiletti (Nr. 9 im Stadtplan) von der üblichen Grundrifsbildung mit einer Hofanlage gänzlich abgesehen werden. Bei sehr beträchtlicher Längenentwickelung an der Strafse hatte der Bauplatz nur so wenig

Tiefe, dafs man mit einer Treppenhaus-Anlage nicht ausreichen konnte. Man zerlegte daher das Haus in zwei Theile und gab einem jeden derselben sein eigenes Portal, Vestibül und Treppenhaus. Die Vestibüle sind hier mit je zwei Kreuzgewölben überspannt, die Thüren der rechts und links sich anschliefsenden Parterreräume haben solide Steineinrahmungen und Verdachungen erhalten, die Treppenaufgänge aber öffnen sich rundbogenförmig nach dem Vestibül hin. Den Hauptschmuck der neunfensterigen unter dem überhängenden Sparrendach bei so grofser Längenausdehnung gar zu gedrückt erscheinenden Strafsenfront bilden die zwei Portale, deren derbe Architektur in dem Holzschnitte Nr. 110 dargestellt ist.

Auf eine möglichst reiche Ausbildung der Portale hat die fernere Privatbauthätigkeit in Gubbio den gröfsten Nachdruck gelegt, auch die Barockzeit hat hierbei recht tüchtige Leistungen aufzuweisen. Das schönste, noch der besten Hochrenaissancezeit angehörige Beispiel eines, selbst des vornehmsten Palastes nicht unwürdigen, im decorativen Beiwerk äufserst zierlichen, fast möchte man sagen zum Theil überfeinerten, Portalbaues an dem im Stadtplan mit 14 bezeichneten Hause, dem sogenannten Palazzo della Porta, ist auf Tafel 19 im Aufrifs, Schnitt und Grundrifs wiedergegeben. Als Material für dieses Portal ist ausnahmsweise nicht die pietra serena gewählt worden, sondern jener oft erwähnte dichte gelblich-graue marmorähnliche Kalkstein, der in der umbrischen Landschaft so vielfach auch in gröfseren Abmessungen, als die nähere Umgebung Gubbio's sie zu liefern vermag, gewonnen wird. Der Wetterbeständigkeit des verwendeten Materials ist die vorzügliche Erhaltung auch der zierlichsten Ornamente an dieser Prachtthür zu danken. Bei vieler Originalität im Einzelnen will nun freilich die Arbeit an manchen Punkten mehr künstlich, ja selbst gekünstelt als gerade künstlerisch und harmonisch erscheinen. Die eigentlichen Bauformen an derselben sind hie und da wie in den Kymatien des Gebälks etwas grob und breit, an anderen Stellen wieder, wie am Sockel an der Bogenumrahmung und der Schlufssteinconsole, äufserst mager und verkümmert. In der perspectivischen Schrägansicht springen diese Mängel der Composition weniger in die Augen, indem die kräftige Ausladung des Verdachungsgesimses, die einfach klare Gliederung der Thürlaibung an Pfosten und Bogen, so wie namentlich auch die wirkungsvolle Eintheilung und Profilirung der ursprünglichen alten Thürflügel zu voller Geltung gelangen. An allen Einzelheiten bis zu den sauber gefeilten Knaufnägeln an der Thür, ist die gröfste Sorgfalt der Ausführung zu rühmen. Wenn man in's Innere des Gebäudes tritt, empfängt man den Eindruck, dafs auch hier ein feiner Kunstsinn, übrigens ohne sonderlich reichen Aufwand zu treiben, mit einiger Abweichung von dem sonst in der Stadt Ueblichen bei dem Bau die Anleitung gegeben habe. Der Treppenaufgang und die Nebenzugänge zu den Räumen des Erdgeschosses sind geschickt disponirt. Die Wände des Vestibüls sind mit Reliefmedaillon-Köpfen geziert. Darüber läuft ein mit hübschen Renaissanceornamenten decorirter Fries am Fufs des Deckengewölbes entlang. Die an diesem Hause zur Erscheinung kommenden Kunstformen stehen mehr noch als bei den anderen etwa gleichzeitigen Gebäuden Gubbio's der Frührenaissance nahe.

Gewifs liefse sich wohl noch aufser den genannten Häusern eine Reihe von Beispielen privater Bauthätigkeit aus der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts in Gubbio nachweisen, doch ist mir weiteres Eigenartiges nicht bekannt geworden. Nur ein Gebäude aufserhalb der Stadt, welches noch diesem Zeitraum zuzuschreiben sein dürfte, verdient erwähnt zu werden. Es ist der an der Landstrafse nach Fossato am Fufs des Bergabhanges fünf Kilometer von der Stadt entfernt gelegene Landsitz der Bischöfe von Gubbio, die sogenannte Badia del Vescovo. Der nachstehende Holzschnitt diene zur Veranschaulichung der ziemlich weiträumigen Anlage. Viel Erfreuliches weifs nun zwar das Architektenauge an diesem Gebäude nicht zu finden, wohl aber begegnet man in dem Grundrifs dem einen oder dem anderen glücklichen Gedanken, der sich einer fleifsigeren Ausarbeitung verlohnt hätte.



Nr. 111. Grundrifs des Hauptgeschosses der Badia del Vescovo bei Gubbio.

Die Nordecke wird durch einen rechteckigen, aus älterer Zeit herübergenommenen, die übrige Gebäudemasse aber nicht überragenden Thurm bezeichnet. Zwischen diesem und der grofsen Loggia an der westlichen nach Gubbio und der Thalebene hinausschauenden Ecke erstreckt sich die Hauptfront des Baues. Der Pfeil *a* in der Grundrifsskizze weist auf den Haupteingang hin. Aufserdem gewähren noch von der Berg- und von der Thalseite her die Nebeneinfahrten *b* und *c* Einlafs in den grofsen inneren Hof. Abgesehen von den sehr einfachen architektonischen Einfassungen, die man den drei Durchfahrten und den Fenstern an der Haupteingangsseite gegönnt hat, und von den älteren Theilen des einer sorgfältiger construirenden Zeit entstammenden Eckthurms, gewahrt man am Aeufsern nur ordinäres flüchtig behandeltes Bruchsteinmauerwerk, mit Backsteinen vielfach untermischt. Ebenso ist bei den an sich so zweckmäfsig disponirten beiden Hallenbauten an der West- und Ost-Ecke des Gebäudes von jeglicher architektonischen Ausschmückung Abstand genommen.

Etwas günstiger stellt sich das Innere dar. Die Hauptdurchfahrt ist durch das in Sandstein gearbeitete, von zwei freistehenden ionischen Säulen flankirte Portal der gleich rechter Hand sich anschliefsenden, durch zwei Stockwerke reichenden Capelle ausgezeichnet. Links, der Kirchenthür gegenüber, erstreckt sich an der Wand in deren ganzen

Länge eine für die wartende Dienerschaft bestimmte steinerne Sitzbank.

Die Haupttreppe liegt, sobald man in den Hofumgang gelangt, links in bequemer Nähe der beiden Einfahrten *a* und *b*, allein man wird ihrer nicht sofort beim Eintritt gewahr, und vor der untersten Stufe fehlt es an einem freien und vor dem Verkehr der Wagen gesicherten Raum.

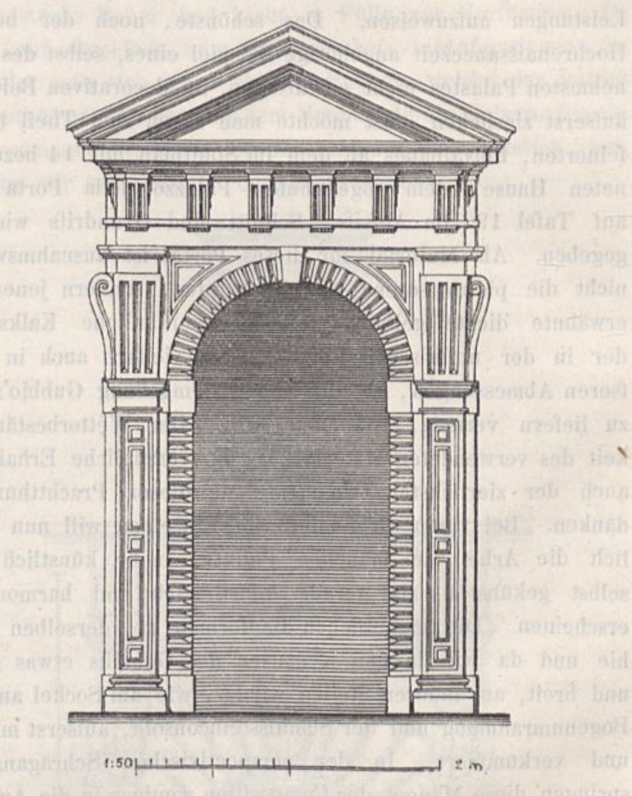
In dem grofsen oblongen Innenhofe, dessen Mitte ein runder steinerner Ziehbrunnen einnimmt, hat ersichtlich jener Bau-Stümper seine architektonischen Kräfte erprobt, dessen Bekanntschaft wir bereits im kleineren Hofe des Klosters von S. Pietro zu machen Gelegenheit hatten. Zu ebener Erde tragen schwere, an der Vorderseite mit nur drei maafslos plumpen Cannelirungen versehene quadratische Backsteinpfeiler die Kreuzgewölbe der Umgangshallen. In den geschlossenen Mauern des Hauptgeschosses sind zwischen flachen, den unteren Pfeilern entsprechenden ionischen Pilastern rechteckige Fenster angeordnet. Oberwärts bildet ein in Backsteinen ausgeführtes vollständiges, sehr schwerfällig gezeichnetes Gebälk und Dachgesims den Abschlufs. In Sandstein sind nur die Pfeiler-Basen und Capitelle, das Gurtgesims und die Fensterumrahmungen ausgeführt.

Dem oberen Stockwerk, welches ebenfalls noch durchweg gewölbte Decken aufweist, ist eine sehr verständige Raumeintheilung nachzurühmen. Der Abschnitt des Hofumganges zunächst der Treppe und des nach Nordosten gelegenen grofsen Empfangssaales ist zu einer Art von Vestibül verbreitert. Luft und Licht giebt's in Hülle und Fülle. Die Küche mit den Wirthschaftsräumen ist an die entgegengesetzte Seite des Gebäudes, an die Südecke verlegt und mittelst einer Nebentreppe mit dem Erdgeschofs und dem an der südwestlichen Front noch unter dem letzteren sich erstreckenden Untergeschofs und den Kellerräumen verbunden.

Einen wie angenehmen Aufenthaltsort in dieser priesterlichen Sommerresidenz die kleinere gegen Osten gewendete Loggia gewähren mufs, wenn die abendliche Kühle vom baumreichen Berggehänge in's Thal hinabstreicht, und ebenso sehr am frischen Morgen die grofse gewölbte Halle an der westlichen Ecke, leuchtet ein. Hinter den dicken Mauern des Nordthurms mochte dann der hochehrwürdige Bischof die Hitze des Mittags nach guter Mahlzeit wohl überstehen.

In Gubbio mufs auch in späterer Zeit, als unter den letzten Herzögen aus dem Hause Rovere das einst so glänzende Hofleben an Bedeutung viel eingebüfst hatte, bis schliefslich im Jahre 1625 der letzte Herzog Francesco Maria II., kinderlos und im hohen Alter von 76 Jahren, des Regierens müde ward und die Gewalt einem päpstlichen Governatore in die Hände legte, immer noch eine grofse Anzahl wohlbegüterter, auf ein würdiges äufseres Auftreten bedachter Familien ansässig geblieben sein. Es bezeugen dies die zahlreichen jetzt allerdings der Mehrzahl nach schon ziemlich vernachlässigten, nicht ohne Aufwand ausgeführten Wohnhäuser der Barock- und selbst noch der Zopfzeit, die mit ihren breiten Façaden in einigen Strafsen ganze Reihen der kleinen mittelalterlichen Bürgerhäuser verdrängt haben. Fast immer thun sich solche Pätrizierhäuser durch ein effectvoll ausgebildetes Portal hervor. Vielen derselben ist das Trachten nach prunkender Wirkung durch weit ausladende Gliederungen bei der wetterunbeständigen Beschaffenheit des ausschliefslich angewendeten Sandsteins verhängnifsvoll geworden. So ist namentlich an dem stattlichen Hause in der Via de' Consoli Nr. A, 25 das Portal arg verwittert. Mit einer derben Quaderung war die rundbogige Thüröffnung eingefafst, und zu beiden Seiten standen zwei Dreiviertelsäulen mit verkröpftem Gebälk. An dem nämlichen Hause fällt im zweiten Stockwerk ein reiches Fenster in die Augen, welches den schönen Fenstern im Hofe des Palazzo Ducale nachgebildet ist.

Ein anderes Haus, ebenfalls in der Via de' Consoli Nr. A, 9, hat eine rechtwinklig umrahmte Pforte, über welcher drei grofse in sehr barocken Formen gearbeitete Consolen mit verkröpften Gebälkstücken aus der Mauer ragen. Eine kleine sehr gut erhaltene Hausthür an einem in der Via degli Uffizi Nr. B, 5 gelegenen Hause von wohl etwas schwerer aber doch eigenthümlicher und günstig wirkender Zeichnung stellt der Holzschnitt Nr. 112 dar. Nicht weit



Nr. 112. Hausthür. Via degli Uffizi Nr. B, 5 in Gubbio.

davon in derselben Strafse Nr. A, 33 ein Rundbogenportal mit Quaderpfeilern zur Seite, an dem auch die ursprünglichen Thürflügel erhalten sind. In der Via della Dogana Nr. D. 14. eine Façade mit barocken Fenstern und einem grofs angelegten aber stark verwitterten Sandsteinportal.

Eine gröfsere Anzahl neuerer, wohl dem 17. Jahrhundert entstammenden Häuser findet man in der Via delle Fonti, bei welchen durchgehend ein gewisser Aufwand an den meist schwültstigen Thür- und Fenstereinfassungen bemerkbar ist. Ein wahrhaft widerwärtiges Beispiel häfslichster Zopfarchitektur liefert das grofse Haus am Corso Nr. B. 45—49. an dem Portal und den mit Hermen besetzten Fenstern des Hauptgeschosses. Am Corso ist mir aufserdem nur noch an Nr. B, 11 ein mit Diamantquadern eingefafstes Portal als beachtenswerth aufgefallen, dessen gut conservirtes altes Flügelpaar gleichfalls mit einer in Holz imitirten Diamantquaderung decorirt ist.

Es ist gar unerfreulich, die Beschreibung einer so anziehenden und architektonisch so bedeutsamen Stadt wie Gubbio

mit der trockenen Aufzählung einiger barocker Portalbauten beschliefsen zu müssen. Möge der Leser lieber noch einmal seine Gedanken dem stolzen Rathhause und dem anmuthigen Wohnsitze der urbinater Herzöge wieder zuwenden, und aus meinen Schilderungen die Anregung gewinnen, bei einer Reise durch das schöne Italien Gubbio nicht unbesucht zur Seite liegen zu lassen.

P. Laspeyres.

Mittelalterliche Dorfkirchen im Herzogthum Braunschweig.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 30 und 30a im Atlas.)

Das Herzogthum Braunschweig vereinigt auf einem verhältnifsmäfsig kleinen Flächenraume eine bedeutende Anzahl mittelalterlicher Bauwerke, von welchen auch die vielfach im Lande zerstreuten Dorfkirchen und Capellen der Beachtung werth sind; diese, zum Theil ihrem Abbruche und Verfalle entgegen gehenden, kleineren Denkmäler der Vergessenheit zu entziehen, war der Zweck ihrer Aufnahme und deren Veröffentlichung.

Bezüglich seiner Baudenkmäler kann das Herzogthum Braunschweig in drei Kreise eingetheilt werden: den Okerkreis mit der Stadt Braunschweig im Mittelpunkte, den Harzkreis und den Weserkreis. Namentlich ist es der Weserkreis und der Okerkreis, in welchem fast jedes Dorf Reste mittelalterlicher Baudenkmäler und Kunstgegenstände aufweist, häufig an Orten, wo dieselben nicht erwartet werden.

Leider fehlen urkundliche Nachrichten über die Gründung oder Erbauung der Dorfkirchen fast ganz, und die hin und wieder in dem corpus bonorum einer Kirche verzeichneten Notizen über die Erbauungszeit sind mit der gröfsten Vorsicht aufzunehmen. Nur dort, wo die Kirchen auf die Gründung eines Klosters zurückzuführen oder in Beziehung zu landsessigen Geschlechtern oder Städten zu bringen sind, lichtet sich das Dunkel und lassen sich sichere Annahmen und Schlüsse auf die Zeit der Erbauung machen; wo dieses nicht der Fall ist, müssen die oft spärlichen Kunstformen das Alter des Bauwerks bestimmen.

Die Kirchen des Weserkreises zu Kemnade, Halle a. d. Weser, Dielmissen, Heyen u. s. w., befinden sich in Ortschaften, welche urkundlich schon sehr früh erwähnt werden und zum Theil vielleicht bereits in heidnischer Zeit bestanden haben.

Ihren Mittelpunkt bildet die Kirche zu Kemnade bei Bodenwerder, welche ursprünglich einem Nonnenkloster angehört hat, das von zwei Töchtern Imma und Friderun des Grafen Wigmann II, eines Billungen, im Jahre 965 gegründet worden war. Diese, der Jungfrau Maria im Jahre 1046 geweihte Kirche ist eine kreuzförmige, horizontal geschlossene Pfeilerbasilika mit niedrigen Seitenschiffen und halbkreisförmigem Chorschlufs; wie aus den Spuren ehemaliger Maueranschlüsse zu ersehen, sind die Seitenschiffe ursprünglich über das Querschiff hinaus verlängert gewesen, oder es haben die Ostmauern dieses Schiffes Nebenapsiden besessen. Die Pfeiler zeigen die attische Basis und sind von einfacher quadratischer Gestalt; die Kämpfergesimse, über welchen sich schlichte, unprofilirte Bögen erheben, bestehen in der Regel aus Rundstab oder Karnies mit vorspringenden Platten.

Die Kirche ist zu verschiedenen Zeiten zerstört und nicht in ihrem früheren Umfange wieder hergestellt worden. Die Westseite und ein Theil des Schiffes fehlen ganz, die Nebenapsiden (?) sind abgebrochen, die Giebel des Querschiffes nicht wieder aufgeführt. In den Querschiffen haben sich Emporen befunden, von welchen nur noch einige Consolen und die vermauerten Thüren erhalten sind. Die Chorapside, welche jetzt mit einer flachen Decke in gleicher Höhe mit dem Mittelschiff und Chor überdeckt ist, hat früher, wie einige vermauerte Consolen eines Frieses anzeigen, eine geringere Höhe und ein halbes Kuppelgewölbe gehabt.

Einzelne Theile der Kirche werden noch dem ersten Bau des 11. Jahrhunderts angehören, während die übrigen Bautheile dem folgenden Jahrhunderte entstammen. Die Kirche ist offenbar mit ihren breiten, schlichten Flächen und Bögen auf Malerei angelegt gewesen, von welcher Spuren jedoch nicht mehr aufzufinden sind. Die unteren Fenster des Querschiffes wurden bei einem Umbau im 15. Jahrhundert eingebrochen und zeigten bis vor wenigen Jahren Ueberreste einstiger Glasmalerei. In dem nördlichen Querschiff befindet sich ein kleiner Altar, dessen Schmiege am Sockel und der Altarplatte mit dem umgestürzten romanischen Capitäl auf demselben ein hohes Alter beweist und der hier gewesenen Nebenapside angehört haben wird. Ein sehr schönes Grabmonument eines Grafen von Homburg besitzt höheren Kunstwerth.

Der Kirche nordwärts gegenüber liegt ein alter, verfallener Bau, welcher ehemals eine Kirche gewesen sein könnte und jetzt zu Ställen und als Glockenhaus benutzt wird; unter einer Holzsäule, welche das Gebälk des Glockenthurmes trägt, fand sich der in der Skizze wiedergegebene Taufstein, der Form nach von hohem Alter, vor. —

Die übrigen Dorfkirchen des Weserkreises besitzen fast sämmtlich ein und dieselbe Gestalt: einen quadratischen Thurm, ein langgestrecktes Schiff und gerade geschlossenen Chor. Vollständig erhalten ist bei allen diesen Kirchen der Thurm, während Schiff und Chor durch Um- und Erweiterungsbauten, namentlich im 16. und 17. Jahrhundert vielfach gelitten haben. Der Thurm ist entweder mit einer niedrigen vierseitigen Pyramide, oder mit einem Satteldache und Giebeln an der Ost- und Westseite gedeckt. Kaum ohne Ausnahme haben die Thürme in dem obersten Geschosse an jeder Seite, oder wenigstens an zwei einander gegenüberliegenden Seiten ein oder zwei mit einem Rundbogen geschlossene Oeffnungen, welche durch eine Säule in zwei Theile getheilt sind; die Säule besteht durchweg und für die Gegend charakteristisch aus einem mehr oder weniger verjüngten Schafte unter einem Würfelcapitäl und über einem umgestürzten ebensolchen als Basis. Die starken Thürme (mit 1 bis 1_5 m dicken Mauern) haben oft nicht nur zur Aufhängung der Glocken, sondern zugleich zur Vertheidi-

gung gedient. Dieser Umstand spricht dafür, dafs die Thürme nur in den wenigsten Fällen gleichzeitig mit dem Kirchenschiff, sondern meist für sich aufgeführt worden sind. Mitunter ist aber auch die Kirche selbst als Vertheidigungsbau eingerichtet; so war an der Kirche zu Halle, an deren Fufse die alte Heerstrafse hinführte, ein vollständiger Vertheidigungserker („Vogelnest", „Pechnase") ausgebaut, und in der Kirche zu Bruensen bei Naensen befindet sich über dem Kirchenschiff ein mit Schiefsscharten versehenes Obergeschofs.

Zum gröfsten Theile sind die Dorfkirchen des Weserkreises mit einer flachen Holzbalkendecke versehen, doch finden sich bei einigen auch Gewölbe oder Spuren vom ehemaligen Vorhandensein derselben, wie in der Kirche zu Kirchbraak und Dielmissen, vor; zuweilen war nur der meist quadratische Chor, wie bei der Kirche in Halle, gewölbt, während das Schiff eine Holzdecke trug.

Der Zugang zur Kirche befindet sich an der Südseite, entweder direct zum Schiffe und von diesem in den Thurm führend, oder nur in dem Thurme, wo dann das untere Thurmgeschofs mit zu dem Schiffe hinzugezogen ist. Das untere Thurmgeschofs ist bei einigen Kirchen gewölbt, mit einem Kreuzgewölbe in Kirchbraak und Dielmissen, mit einem Tonnengewölbe in Heyen.

Die Architekturformen sind gewöhnlich sehr einfach; die Gesimse bestehen nur aus einer Schmiege, der Triumphbogen vor dem Chore ist von einem Rund- oder schwachen Spitzbogen gebildet. Die Thürumrahmungen sind oft reicher gestaltet und gliedern sich wie in Halle und Dielmissen mit Rundstab und Hohlkehle, oder Platte und Rundstab. Bei der Kirche in Kirchbraak ruhen die Gurtbogen, welche die Gewölbe des Schiffes trennen, auf kleinen nach dem Viertelkreise geformten Consolen. Diese Kirche ist überhaupt verhältnifsmäfsig reich gestaltet. Um das untere, gewölbte Thurmgeschofs für die Kirche nutzbar zu machen, liegt die zu dem oberen Thurme führende Treppe innerhalb der starken Umfassungsmauer desselben; die östliche Chormauer trägt Spuren alter, figürlicher Malereien. Das Innere der Kirchen des Weserkreises besteht zum Theil noch aus einem höchst malerischen Inventar des 16. und 17. Jahrhunderts; zuweilen finden sich auch ältere Gegenstände, wie z. B. in Dielmissen die Ueberreste eines geschnitzten Flügelaltares und eine alte Glocke im Thurme vor.

(Schlufs folgt.)

Mittheilungen nach amtlichen Quellen.

Die Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Graudenz.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 31 bis 42 im Atlas.)

Im Jahre 1874 wurde der Königlichen Direction der Ostbahn der Auftrag ertheilt, eine Bahnverbindung zwischen den Stationen Jablonowo und Laskowitz der Thorn-Insterburger beziehungsweise der Bromberg-Dirschauer Eisenbahn mit einer festen Brücke über die Weichsel bei Graudenz herzustellen. Dieser Flufs, welcher das Preufsische Staatsgebiet in einer Länge von ca. 225 km durchströmt, hatte bisher nur zwei Ueberbrückungen, und zwar bei Dirschau, ca. 30 km von der Mündung, und bei Thorn, etwa 15 km von der Landesgrenze entfernt. Es verblieb dazwischen eine 180 km lange Strecke, auf welcher der Verkehr zwischen den beiden Ufern nur an wenigen Stellen durch fliegende Fähren vermittelt wird. Derartige Communicationsmittel gewähren zwar überall nur einen nothdürftigen Ersatz für feste Verbindungen, vorzugsweise aber bei der Weichsel, wo lange andauernde Winter mit ihren heftigen Eisgängen und niedrige Sommer-Wasserstände im Verein mit ausgedehnten Versandungen den regelrechten Betrieb der Fähren auf nur wenige Monate im Jahre einschränken. In Berücksichtigung dieser auch für Graudenz zutreffenden Verhältnisse wurde bestimmt, dafs die daselbst zu erbauende Brücke in gleicher Weise, wie es bereits bei Thorn geschehen war, den ungehinderten Verkehr von Fuhrwerken und Fufsgängern neben dem der Eisenbahn aufnehmen solle.

Die in der nachfolgenden Beschreibung des Brückenbaues vorkommenden Höhenangaben beziehen sich durchweg auf den Nullpunkt des Graudenzer Pegels, welcher $17,_{40}$ m über dem Normal-Nullpunkt der Höhen im Preufsischen Staate liegt.

In dem Uebersichtsplane auf Blatt 31 ist die Lage der Brücke und eines Theiles der anschliefsenden Bahnstrecke dargestellt. Das Weichselthal hat in der Nähe von Graudenz eine Breite von 4 bis $4,_5$ km, wovon jedoch zwischen 3 und $3,_5$ km auf die am linken Flufsufer sich erstreckende eingedeichte Schwetz-Neuenburger Niederung kommen, während dem Flufslaufe in Folge der sehr unregelmäfsigen Führung der Deiche eine Breite von ca. 730 m bis 1800 m verbleibt.

Oertliche Verhältnisse, zusammenhängend mit der Durchführung der Bahn durch die im Mittel auf $+ 3,_0$ m liegende Niederung im Niveau derselben, liefsen es angezeigt erscheinen, die Brückenbahn so tief zu senken, als es die Rücksicht auf das Hochwasser erlaubte.

Für den Uebergang über die Weichsel wurde nach sorgfältigster Prüfung aller hierbei einschlagenden Verhältnisse die gewählte Trace für die vortheilhafteste erachtet.

Wie der Uebersichtsplan zeigt, erweitert sich das Fluthprofil des Stromes, dessen zwischen der Stadt und dem Rothen Kruge belegene engste Stelle in der Hochwasserlinie nur eine Breite von 734 m hat, nach oben hin ganz erheblich, und zwar in der Bahnlinie bis auf 1193 m, weiterhin sogar bis auf nahezu 1800 m.

Die Folge davon ist, dafs die bei Eisgängen herabtreibenden Schollen sich in dem allmälig enger werdenden

Schlauche zusammendrängen und den Deich mehr als an anderen Uferstellen gefährden.

Mit Rücksicht hierauf wurde es für unzulässig erachtet, die Durchflufsweite der Brücke nach der an jener engsten Stelle vorhandenen Breite von 734 m zu bemessen, um so weniger, als bedeutende Auskolkungen in dem Flufsbette hierselbst auf die Unzulänglichkeit dieses Profiles hinwiesen. Ebensowenig erschienen die den Brücken bei Thorn ($895,_4$ m) und bei Dirschau und Marienburg (zusammen $922,_{74}$ m) gegebenen Weiten genügend, vielmehr mufste, um jeder Gefährdung der Deiche durch die Brücke vorzubeugen, eine Einschränkung des Durchflufsprofils über das in der nächsten Nähe der Baustelle vorhandene Maafs vollständig vermieden werden.

Da nun 700 m oberhalb der Bahnlinie durch das Vortreten des Niederungsdeichs, und 150 m unterhalb derselben durch den Einbau des Graudenzer Winterhafens sowohl die in der Hochwasserlinie gemessenen Breiten, als auch die vom Hochwasser durchflossenen Querschnitte etwas geringer sind, als bei der Brückenbaustelle, so wurde das Mittel der drei, in dem Uebersichtsplane durch punktirte Linien angedeuteten Querprofile für das freie, nach Abzug der Pfeilereinbauten verbleibende Durchflufsprofil der Brücke als maafsgebend erachtet.

Es ergab dies eine Fläche von 6769 qm. Nach Eintragung des Brückenprojects zeigte sich jedoch, dafs von dem zur Zeit in der Bahnlinie vorhandenen, 7700 qm grofsen Querschnitt nach Abzug der Pfeilereinbauten nur 6636 qm für den Wasserdurchflufs verblieben. Daher mufsten die fehlenden 133 qm durch eine Abgrabung am linken Flufsufer beschafft werden, welche mit einer Sohlenbreite von $20,_5$ m und beiderseits 20facher Dossirung zwischen dem Pfeiler V und dem Uferrande hergestellt ist (cfr. den Situationsplan des Brückenbauplatzes auf Blatt 31), bevor der Flufs durch den Einbau sämmtlicher Pfeiler die volle vorhergesehene Einschränkung erhält.

Für den eisernen Ueberbau wurde das bei der Weichselbrücke zu Thorn zur Ausführung gebrachte Project, welchem eine Stützweite von $97,_{29}$ m (= 310 Fufs) zu Grunde liegt, mit geringen Aenderungen gewählt. Nachdem sodann die Entfernung zwischen zwei Stützpunkten auf den Pfeilern zu $2,_5$ m und die Stärke der Mittelpfeiler in Höhe der Unterkante der Auflagersteine auf $5,_5$ m festgesetzt war, ergab sich die Lichtweite zwischen den Pfeilern zu $94,_{29}$ m.

Die Brücke erhält, um den obigen Anforderungen bezüglich der Durchflufsweite zu genügen, 11 Oeffnungen von durchweg gleicher Gröfse, und beträgt sonach die Gesammtlänge zwischen den Stirnen der Landpfeiler $11 \cdot 94,_{29}$ m $+ 10 \cdot 5,_5$ m $= 1092,_{19}$ m.

Zwischen dem in der Nähe der Fähre aufgestellten Graudenzer Pegel und der Brückenbaustelle liegt bei einer Entfernung von pptr. 900 m ein mittleres absolutes Gefälle von ungefähr $0,_2$ m. Der niedrigste Wasserstand, im Jahre 1862 beobachtet, ist $-0,_8$ m am Pegel, mithin $-0,_6$ m bei der Baustelle. Als höchster Wasserstand wurde bei der Ausarbeitung des Projects der vom 27. März 1855 angesehen, welcher am Pegel $+8,_{08}$ m markirte, mithin sich in der Bahnlinie auf $+8,_{28}$ erhob. Zwar ist dieser Wasserstand, da seit jener Zeit die Deiche bedeutend erhöht wurden, in Folge einer unmittelbar unterhalb Graudenz am 26. März 1877 eingetretenen Eisstopfung noch um das Maafs von $0,_{42}$ m überschritten worden (Höhe bei der Brücke $+8,_{70}$ m), doch wurde hierin keine Veranlassung zu einer Projectänderung gefunden, weil die Höhenlage der Brücke auch für solche aufserordentliche Fälle genügend bemessen ist. Denn die Schienenoberkante liegt bei $+12,_{12}$ m, die Unterkante der Trägergurtung auf $+10,_{84}$ m, mithin bleibt zwischen der letzteren und dem Hochwasser vom Jahre 1877 noch ein freier Raum von ca. $2,_{14}$ m.

Durch Bohrungen, welche bis zur Tiefe $-16,_5$ m herabgehen, wurde die im Nivellementsplan auf Blatt 31 dargestellte Bodenschichtung ermittelt. Der Untergrund besteht in den höheren Lagen aus gröfstentheils feinem, mehr oder weniger mit Schlick durchsetztem Sande, innerhalb dessen sich auf der Kämpe Nester von Kies, im Flufsbett und namentlich in der Nähe des rechtsseitigen Ufers ziemlich grofse Mengen von Feldsteinen vorfinden. Etwa in der Tiefe $-9,_0$ m zieht sich eine wenig mächtige Kiesschicht durch, welche allmälig wieder in feines Material übergeht, dessen Unterlage durchschnittlich in Ordinate $-12,_5$ m eine von Pfeiler VII bis Pfeiler XII erbohrte Schicht von blauem Thonmergel bildet. Letztere senkt sich nach dem Deiche hin so stark, dafs sie bei Pfeiler II selbst in der Tiefe $-16,_5$ m nicht mehr erreicht wurde, auch genügten die ebenso tief gehenden Bohrungen an keiner Stelle, um ihre Mächtigkeit festzustellen.

I. Allgemeine Beschreibung der Bauanlagen.

Der Flufs wird von der Brücke in gerader Richtung und normal zum Stromstrich überschritten. Der Landpfeiler I ist vollständig in den Niederungsdeich hineingebaut, so dafs seine Stirn mit dessen Fufs zusammenfällt. Die hiermit bedingte Verstärkung des Deichs hat keine besonderen Ausgaben verursacht, weil für diesen Zweck die an der Binnenseite ohnedies herzustellenden Wegeanlagen genügten.

Dadurch wurde die Stellung der übrigen Pfeiler so fixirt, dafs von den 10 Mittelpfeilern die eine Hälfte (Nr. II bis VI) auf der Kämpe, und die andere Hälfte (Nr. VII bis XI) im Strome zu erbauen war, und dafs die Stirn des Landpfeilers XII fast genau mit der Aufsenkante des unterhalb liegenden Hafendeiches zusammenfiel. Zur Ausfüllung der Brücke zwischen diesem letzten Pfeiler und dem hohen Uferrande blieb alsdann noch ein ca. 80 m langer Damm herzustellen, welcher, im todten Wasser liegend, dem Hauptangriff der Strömung und des Eises fast gänzlich entzogen ist und daher keiner besonderen Befestigung bedurfte. Soweit derselbe vom Wasser bespült wird, hat er eine dreifache Dossirung erhalten.

Zur militairischen Beschützung des Flufsüberganges war die Herstellung zweier Blockhäuser beim Landpfeiler I verlangt worden, während für die Unterbringung der beim Ueberwachen der Brücke und der Mastenkrahne thätigen Beamten die Anlage von zwei Wärterhäusern beim Landpfeiler XII erforderlich wurde. Dadurch, dafs diese Gebäude mit ihren hohen Fundamenten in das Flügelmauerwerk der Landpfeiler hineingezogen sind, erfüllen sie zugleich den Zweck, der Brücke, bei welcher im Uebrigen jede decorative Ausbildung vermieden ist, an den Enden einen baulichen Abschlufs zu geben.

Die Brückenfahrbahn, zwischen den Hauptträgern nahezu 11 m breit, wird durch ein mittleres hohes Eisengitter in zwei Streifen von ca. $6,_5$ m beziehungsweise 5 m Breite zerlegt, von denen der erstere, stromabwärts gelegen, als Fahrstrafse dient, während der andere ausschliefslich dem Bahnverkehr bestimmt und für zwei verschlungene Geleise disponirt ist, deren Mittellinien 156 mm von einander entfernt sind. Zudem führt auf jeder Seite ein ausgekragter Fufssteg über den Strom, wodurch sich die Gesammtbreite der Fahrbahn auf rund $15,_3$ m bemifst. In Fortsetzung der Fahrstrafse wurden an beiden Ufern ausgedehnte Wegeanlagen hergestellt, welche jene einerseits mit der Graudenz-Culmer-Chaussee, andererseits nach zwei Richtungen hin mit dem an der Innenseite des Deichs liegenden Communalwege in Verbinduug setzen.

Da die Brücke keinen Schiffsdurchlafs erhält, so mufste für Krahne zum Niederlegen und Richten der Schiffsmaste Sorge getragen werden. Die Aufstellung derselben verursachte deshalb einige Schwierigkeiten und nicht unbedeutende Kosten, weil das, der tiefsten Stromrinne benachbarte rechte Flufsufer nicht nur durch mangelhafte Buhnen-Vorbauten zerrissen, sondern auch bei dem höchsten schiffbaren, auf $+ 4,_8$ m am Pegel ($+ 5,_0$ m bei der Baustelle) liegenden Wasserstande bis zur Inundationsgrenze, also weit über den Landpfeiler XII hinaus, der Ueberfluthung ausgesetzt ist. Es wurde daher im Einverständnisse mit der Strombau-Verwaltung die Streichlinie für die in der Nähe von Graudenz noch nicht in Angriff genommenen Flufsregulirungs-Bauten dicht vor dem Pfeiler XI vorbeigeleitet und hier ein 212 m langes Uferdeckwerk ausgeführt. Auf der in Ordinate $+ 5,_0$ liegenden Krone desselben erhalten die auf Schienenbahnen beweglichen Mastenkrahne während der Schifffahrts-Periode ihre Aufstellung. Im Winter werden sie nach zwei, in wasserfreier Höhe ($+ 9,_7$ m) zu beiden Seiten des Landpfeilers XII angeschütteten Erdplateaus geschafft.

Zum Festlegen der Schiffe vor den Krahnen dienen mehrere auf dem Uferdeckwerk und am Pfeiler XI angebrachte Schiffsringe. Diese genügen aber für die oft sehr zahlreich eintreffenden Fahrzeuge nicht, und da auf der zum Anlegen bestimmten 600 m langen Uferstrecke, welche nur die Höhe $+ 1,_6$ m erreicht, sich sonst keine Möglichkeit bietet, feste, bei höheren Wasserständen erreichbare Punkte zu beschaffen, so müssen alljährlich mehrere Ankerbojen im Flusse ausgelegt werden.

II. Disposition der Bauausführungen.

Namentlich mit Rücksicht auf die zur Herstellung des eisernen Ueberbaues erforderliche Arbeitsleistung wurde für die Brücke eine vierjährige Bauzeit angenommen. Während derselben durfte der Schiffsverkehr auf der Weichsel keine Störungen erleiden, also auch der Flufs nicht gänzlich mit Rüstungen zugebaut werden. Da aufserdem die Beschaffung der für die Strompfeiler erforderlichen Materialien mehr Zeit in Anspruch nahm, so erschien es zweckmäfsig, im ersten Baujahre nur zwei derselben zur Ausführung zu bringen. Hierfür wurden die dem linken Ufer benachbarten Pfeiler VII und VIII ausersehen, weil durch die gleichzeitige, von den Schifffahrts-Verhältnissen ganz unabhängige Herstellung der anschliefsenden Kämpenpfeiler es sich ermöglichen liefs, dem Unternehmer des eisernen Ueberbaues mehrere Pfeiler im Zusammenhange zu übergeben.

Demgemäfs wurde folgende Baudisposition aufgestellt:

1stes Baujahr, 1876. Vollständige Fertigstellung der Strompfeiler VII und VIII und der Kämpenpfeiler V und VI, Fundirung des Landpfeilers XII.

2tes Baujahr, 1877. Vollständige Fertigstellung der Strompfeiler IX, X und XI und der Kämpenpfeiler II, III und IV, Vollendung des Landpfeilers XII, Aufbringung von 3 Jochen des eisernen Ueberbaues zwischen den Pfeilern V und VIII.

3tes Baujahr, 1878. Vollständige Herstellung des Landpfeilers I, Aufbringung von 4 Jochen des eisernen Ueberbaues zwischen den Pfeilern II beziehungsweise III und V und zwischen X und XII, Herstellung der Wärterhäuser bei Landpfeiler XII, des Uferdeckwerks bei Pfeiler XI und der ganzen Mastenkrahn-Anlage.

4tes Baujahr, 1879. Aufbringung der restirenden 4 Joche des eisernen Ueberbaues, Herstellung der Blockhäuser bei Landpfeiler I, der Zufuhrwege und aller Nebenanlagen.

Im Allgemeinen konnte diese Disposition eingehalten werden. Zwar ergaben sich einige Abweichungen von derselben durch verspätete Anlieferung der Werksteine und durch Hindernisse, welche sich der Fundirung des Pfeilers V entgegenstellten, doch wurde hierdurch die Montage des eisernen Ueberbaues nicht verzögert. Im Uebrigen eilte die Ausführung der Disposition in den ersten drei Baujahren in manchen Stücken nicht unerheblich voraus. Namentlich sei hier erwähnt, dafs die mit der Herstellung der Eisenconstruction beauftragte Dortmunder-Union im dritten Baujahre 6 Joche montirte und bis auf nebensächliche Dinge vollständig vollendete.

III. Einrichtungen für den Baubetrieb.

Die Weichsel ist nicht nur im Frühjahr bei den Eisgängen plötzlichen stärkeren Anschwellungen ausgesetzt; es treten solche auch in den Sommermonaten, vorzugsweise im Juli, wiederholt auf. Wenngleich diese Sommerfluthen in den letzten 25 Jahren vor Beginn des Brückenbaues nur einmal bis zu $+ 6,_{27}$ m und nur sechsmal bis zu $4,_0$ m emporgestiegen, sonst aber erheblich weniger bemerkbar geblieben waren, so erschien es doch geboten, den Arbeitsbetrieb auch aufsergewöhnlichen Vorkommnissen gegenüber sicher zu stellen. Es wurde daher die Höhe der Hauptlagerplätze und die Schienen-Unterkante der darauf anzulegenden Transportgeleise auf $+ 5,_0$ m, die Fufsbodenhöhe des Cementschuppens und des Mörtelgebäudes, in welchen stets gröfsere Quantitäten Cement lagerten, auf $+ 5,_9$ m festgesetzt. An beiden Ufern, und zwar bei Pfeiler V — VI und XI — XII fanden sich Plätze von genügender Ausdehnung, welche diesen Anforderungen mit Zuhilfenahme einiger Erdanschüttungen entsprachen. Nichtsdestoweniger mufste noch sowohl für die Bergung der Materialien, Geräthe und Gebäude während des Winters und der Frühjahrs-Hochfluthen, als auch dafür Sorge getragen werden, dafs die in der ersten Zeit jedes Baujahres erforderlichen, trocken zu lagernden Baumaterialien schon im vorhergehenden Winter angeliefert werden konnten. Zu diesem Zwecke wurde rechts von Stat. 204 ein ca. $1,_{25}$ ha grofser, bei Ord. $+ 12,_0$ m wasser-

frei gelegener Lagerplatz beschafft und mit der tieferen Baustelle durch ein, auf 42 m Länge mit Steigung 1 : 6 angelegtes Geleise (*a b* im Situationsplan des Brückenbauplatzes auf Blatt 31) verbunden. Zum Betriebe der geneigten Ebene diente eine an deren oberem Ende aufgestellte Patentwinde nach dem System Stauffer-Megy von 3000 kg Tragfähigkeit.

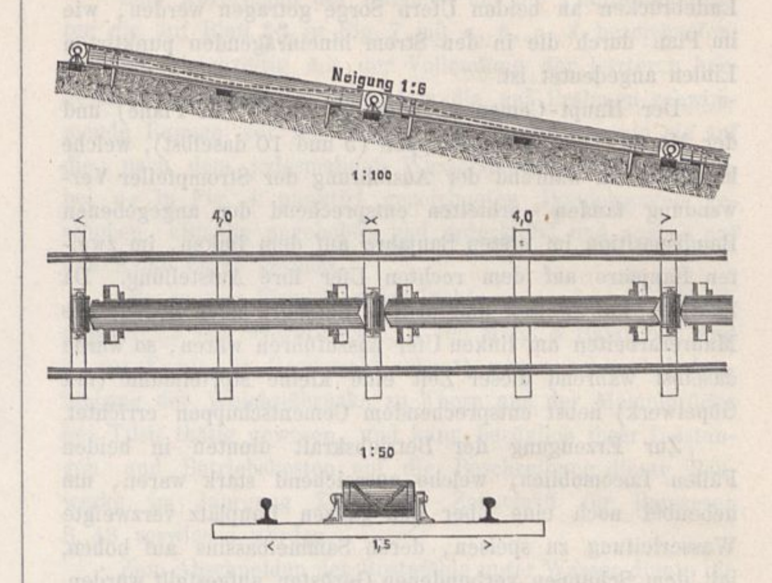
Da die Hauptmasse der zu transportirenden Gegenstände abwärts ging, konnte auf die Verwendung von Maschinenkraft für die Bewegung der Winde verzichtet werden. Letztere, aus der Fabrik der Patentinhaber Briegleb-Hansen u. Comp. zu Gotha bezogen, hat eine solche Einrichtung, dafs das Senken von Lasten, unabhängig von deren Gewicht, mit einer constanten, ein für alle Male bestimmten Geschwindigkeit stattfindet. Um die Senkung zu bewirken, ist es nur nöthig, die beim Heben vorwärts zu drehende Handkurbel (oder bei gröfseren Winden einen besonders für diesen Zweck angebrachten Handhebel) stark rückwärts zu drücken und in dieser Lage festzuhalten.

Ein Rotiren der Kurbel während der Senkung der Last findet also nicht statt. Wird die Kurbel (beziehungsweise der Hebel) losgelassen, so kommt die Last fast augenblicklich, jedoch ohne einen scharfen Stofs, zur Ruhe. Diese Eigenthümlichkeiten beruhen auf der besonderen Einrichtung der Sperrklinke (die beim Heben ohne weitere Beihilfe ausrückt und in Ruhe bleibt, beim Senken der Last, also beim Rückwärtslegen der Kurbel aber sich selbstthätig einlegt) und hauptsächlich auf der Einschaltung eines mit dem Namen „Regulirtrommel" bezeichneten Apparats. Im letzteren wirkt die bei der Senkung der Last durch die Rotation der Wellen erzeugte Centrifugalkraft an eine mit Leder überzogene, kreisförmig gebogene Stahlfeder, indem sie dieselbe gegen den inneren Trommelumfang andrückt und mittelst der Reibung zwischen Leder und Eisen die Beschleunigung aufhebt. Je nachdem man die Feder mehr oder weniger belastet, was schon in der Fabrik, den Wünschen des Bestellers entsprechend, durch Einlage von Blei- oder Eisengewichten geschieht, wird die Fallgeschwindigkeit auf ein gröfseres oder geringeres Maafs fixirt. Im vorliegenden Falle war dieselbe auf 12 m pro Minute bestimmt worden.

Die Kette windet sich bei diesen Patentaufzügen nicht auf eine Trommel auf, sie geht vielmehr frei über ein Vierkant (Kettennufs), kann daher beliebig lang genommen werden, ohne — wie dies bei mehrmaliger Aufwindung auf eine Trommel geschehen würde — den Effect der Winde zu beeinträchtigen.

Vorbezeichnete Umstände, verbunden mit der höchst soliden Construction der Winde und der durch letztere bedingten Möglichkeit, dieselbe überall und in jeder Lage leicht aufzustellen, geben einen hohen Grad von Sicherheit für den Betrieb und lassen deren Verwendung für die verschiedensten Zwecke der Bauausführung um so empfehlenswerther erscheinen, als die specielle Aufsicht über derartige Apparate in der Regel nicht von den Beamten geübt werden kann, sondern Arbeitern anvertraut werden mufs.

Bei der hier in Rede stehenden Verwendung des Patentaufzuges waren noch besondere Vorkehrungen zu treffen, um die auf dem Planum des geneigten Geleises schleifende Kette vor Verunreinigung zu schützen, welche eine baldige Zerstörung sowohl der Glieder als der Kettennufs zur Folge haben würde. Für diesen Zweck wurden, wie



vorstehend gezeichnet, in der Geleismitte horizontale Rollen von hartem Holz in Entfernungen von ca. 4 m auf den Schwellen befestigt, und in den Zwischenräumen Rinnen aus zwei schräggestellten Brettern angebracht. Letztere schlossen unten nicht dicht aneinander, sondern liefsen einen Spalt von ca. 6 mm frei, durch welchen auffliegender Staub und Sand leicht durchfallen konnte. Da die Rollen etwas höher standen, als die unteren Brettkanten, so legte sich die Kette nur in unbelastetem Zustande in die Rinne und ruhte sonst ausschliefslich auf den Rollen, so dafs ein wesentlicher Kraftverlust während des Aufwindens von Lasten nicht eintrat.

Anschliefsend an das bis zum rechten Ufer verlängerte Geleise wurde ein Traject über die Weichsel hergestellt, so dafs die mit Material beladenen kleinen normalspurigen Transportwagen von 1250 kg Eigengewicht und 6000 kg Tragfähigkeit direct von einem Bauplatz zum andern befördert werden konnten.

Das Schleppen der Trajectponte vermittelte ein Dampfer, welchem gleichzeitig das Bugsiren der der Bauverwaltung gehörigen oder mit Material für dieselbe anlangenden Schiffsgefäfse und der Schutz der Brückenrüstungen gegen die aus der Collision mit Flöfsen und Fahrzeugen drohenden Gefahren oblag.

Zur weiteren Sicherung der Brücke war übrigens ca. 2 km oberhalb während der ganzen Bauzeit ein mit den nöthigen Mannschaften, Booten, Ankern und Tauen versehener Strompolizei-Beamter stationirt, bei dessen Posten-Signal alle Flöfse und stromab gehenden Fahrzeuge anlegen mufsten. Der Beamte regelte die Weiterfahrt und war verpflichtet, mit seinen Geräthen nöthigenfalls Hilfe zu leisten, namentlich auch die Flöfse in die richtige Fahrt zu bringen.

Ueber die auf den Arbeitsstellen ausgeführten Anlagen und Baulichkeiten giebt der bezügliche Plan auf Blatt 31 Aufschlufs. Die Material-Lagerplätze wurden durchweg mit einem Netz von normalspurigen Geleisen belegt, welche durch Drehscheiben (eingeleisige von $2{,}_5$ m Durchm., und zweigeleisige von $4{,}_{35}$ m Durchm.) sowie durch einzelne Schleppweichen unter sich und mit den zu der Mörtel- und Betonmühle, dem Cementschuppen und den einzelnen Pfei-

lern führenden Transportgeleisen verbunden wurden. Da die meisten Materialien zu Wasser anlangten, mufste auch für Ladebrücken an beiden Ufern Sorge getragen werden, wie im Plan durch die in den Strom hineinragenden punktirten Linien angedeutet ist.

Der Haupt-Cementschuppen (4 und 9 im Plane) und der Mörtel- und Betonschuppen (5 und 10 daselbst), welche hauptsächlich während der Ausführung der Strompfeiler Verwendung fanden, erhielten entsprechend der angegebenen Baudisposition im ersten Baujahre auf dem linken, im zweiten Baujahre auf dem rechten Ufer ihre Aufstellung. Da indessen im zweiten und dritten Baujahre noch bedeutende Maurerarbeiten am linken Ufer auszuführen waren, so wurde daselbst während dieser Zeit eine kleine Mörtelmühle (mit Göpelwerk) nebst entsprechendem Cementschuppen errichtet.

Zur Erzeugung der Betriebskraft dienten in beiden Fällen Locomobilen, welche ausreichend stark waren, um nebenbei noch eine über den ganzen Bauplatz verzweigte Wasserleitung zu speisen, deren Sammelbassins auf hohen, mit dem Schuppen verbundenen Gerüsten aufgestellt wurden. Bezüglich der Details dieser Anlagen, welche mit den beim Bau der Weichselbrücke zu Thorn verwendeten in der Hauptsache übereinstimmen, kann auf die betreffende Baubeschreibung im Jahrgange XXVI der Zeitschrift für Bauwesen S. 39 verwiesen werden. In soweit die für die Fundirung und Aufmauerung der Pfeiler benutzten Geräthe und Rüstungen ein besonderes Interesse darbieten, soll dies späterhin an geeigneter Stelle Erwähnung finden.

IV. Fundirung der Pfeiler.

Die Verhältnisse, welche einen maafsgebenden Einflufs auf die Wahl der Fundirungsmethoden auszuüben im Stande sind, gleichen hier im Wesentlichen den beim Bau der Brücken zu Thorn und Tilsit vorgefundenen so sehr, dafs keine Veranlassung vorlag, von den dort zur Ausführung gebrachten, vollkommen bewährten Principien abzuweichen.

Demzufolge sind die 5 Strompfeiler VII, VIII, IX, X und XI auf Pfahlrost und Betonsohle zwischen Pfahlwänden, die 5 Kämpenpfeiler II, III, IV, V und VI auf Senkbrunnen erbaut worden.

Die Landpfeiler I und XII, welche schon durch das breite Vorland und die theilweise Verschüttung mit flach geböschten Erdkörpern gegen die Gefahren des Eisganges und der Strömung geschützt werden, sind nur in den für den Bestand der Brücke wichtigen Stirnmauern, den Trägern der Eisenconstruction, in ähnlicher jedoch leichterer Weise wie die Strompfeiler fundirt. Ihre Flügelbauten, welche zugleich die Fundamente der Block- und Wärterhäuser bilden, konnten dagegen ohne Bedenken, soweit nicht eine tiefere Gründung durch die Form der Pfeiler bedingt war, direct auf den tragfähigen Baugrund gesetzt werden.

Die Strompfeiler (cfr. Blatt 33) haben eine mit der Unterkante auf $-4{,}_0$ m liegende $3{,}_5$ m starke Betonsohle erhalten, welche durch 26 cm starke, bis zur Ord. $-9{,}_0$ m hinabreichende Pfahlwände eingeschlossen wird. Eben so tief gehen die unter jedem Pfeiler eingerammten 131 Stück Rostpfähle von $0{,}_3$ m mittlerem Durchmesser, deren Köpfe $0{,}_3$ m in die Betonsohle hineinragen. Die Breite der letzteren innerhalb der Pfahlwand beträgt $9{,}_6$ m, ihre Länge von Spitze zu Spitze $25{,}_0$ m. Von der gesammten todten und bewegten Last erhält die Grundfläche einen Druck von $2{,}_{44}$ kg pro qcm, während jeder Rostpfahl ohne Mitwirkung des Untergrundes 39750 kg zu tragen hätte.

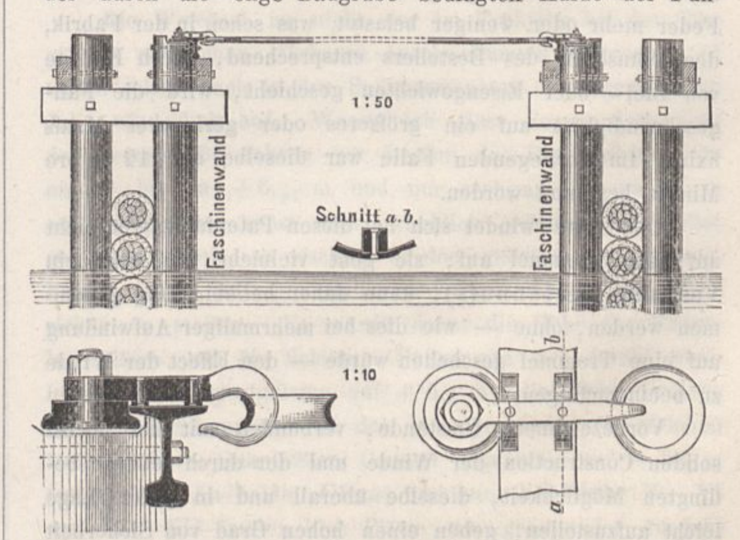
Die durch einen schwimmenden Dampfbagger hergestellte Baugrube ist in der Sohlentiefe $-4{,}_0$ m allseitig noch um $3{,}_0$ m über die Pfahlwand hinaus verbreitert und mit zweifacher Dossirung angelegt.

Sie nimmt in dieser Verbreiterung die bis zur Oberkante der Betonsohle hinaufreichende Steinpackung auf, deren Querschnitt mit $23{,}_{25}$ qm so bemessen ist, dafs selbst bei den voraussichtlich tiefsten Auskolkungen des Flufsbettes eine Entblöfsung und Unterspülung der Fundamentsohle nicht befürchtet werden darf.

Zum Schutz der Baugrube wärend des Baggerns, Rammens und Betonirens dienten stromaufwärts eine Schirmwand aus 26 cm starken Kantpfählen, zu beiden Seiten Faschinenwände, welche einen gerade für die Bewegung der Rammen ausreichenden Raum von ca. 32 m Breite und 47 m Länge einschlossen.

Die Absteckung derselben, sowie aller sonstigen Punkte im Strome erfolgte, nachdem im Winter 1875/76 eine scharfe Längenmessung über die Eisdecke hinweg vorgenommen, und an jedem Ufer eine lange Standlinie abgesteckt war, mit hinreichender Genauigkeit durch Einschneiden von Winkeln. Sobald aber die Stromgerüste standen, wurden auf ihnen die feineren Messungen für den Aufbau der Pfeiler bewirkt.

Der zur Herstellung der Baugrube verwendete Schiffsbagger war nur mit den bei Flufsbaggerungen gebräuchlichen und für solche durchaus genügenden Bewegungs-Mechanismen ausgerüstet. Es zeigte sich aber bald, dafs mit diesen eine so exacte Arbeit, wie sie hier verlangt werden mufste, nicht gut zu erreichen war, indem namentlich der seitliche Ausschlag wegen der Nachgiebigkeit und der durch die enge Baugrube bedingten Kürze der Füh-



rungstaue sich unregelmäfsig gestaltete. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes wurden, wie die vorstehenden Figuren zeigen, auf den innern Pfahlköpfen der beiden Faschinenwände Eisenbahnschienen parallel der Pfeileraxe in der ganzen Länge der Baugrube angebolzt. Auf die nach oben gekehrten Schienenfüfse, gegen deren Kante sich mit einer Frictionsrolle stützend, wurden zwei hakenförmige Gleitkloben aufgelegt und durch ein starkes, straff gespanntes Tau mit einander verbunden, welches zwischen den Gerüsthöl-

zern des Baggers an dessen Kopfende, also möglichst nahe dem Punkt, an welchem die Eimer wirken, hindurch lief. Von der Pfeileraxe ausgehend, war das Tau durch umgewickelte Fäden in ganze und halbe Meter getheilt. Indem nun die Mittelaxe der Baggerleiter auf einen bestimmten Theilpunkt eingestellt, und dann das Tau an den Gerüsthölzern festgebunden wurde, konnte der Bagger mit Hilfe der zur Vorwärtsbewegung dienenden Ketten nach und nach den Baugrund in $0,_5$ m breiten, genau parallel zur Pfeileraxe liegenden Streifen abheben, deren Anfang und Ende jedesmal zwei auf den Faschinenwänden aufgestellte Pikets markirten. Die Gleitkloben folgten, wenn gut in Schmiere gehalten, ganz leicht der Bewegung des Baggers.

Es wurde ferner bei der Arbeit darauf gehalten, dafs das Abgraben der Erdmassen gleich von oben herab in Schichten von $0,_5$ m Stärke geschah, damit nicht etwa durch das Nachstürzen höherer Seitenböschungen die bereits fertig gebaggerten Theile der Grube wieder verschüttet wurden. Denn sobald Letzteres erfolgte, war der Bagger gezwungen, mit einem Male eine bedeutend stärkere Erdschicht zu durchbrechen. Reichte die Maschinenkraft dafür nicht aus, so mufste die Baggerleiter gehoben werden, woraus Störungen aller Art und Unregelmäfsigkeiten in der Baugrube entstanden, die nur mit grofsem Zeitverlust wieder beseitigt werden konnten.

Aufsergewöhnliche Hindernisse stellten sich der Baggerung der Pfeiler X und XI entgegen, wo schon von der Flufssohle ab Lager von grofsen, theilweise dicht gepackten Steinen zu durchbrechen waren. Hier mufste vor den Steinen, welche nicht selten bis zu 60 cm Durchm. hatten, zunächst eine tiefere Grube hergestellt werden, so dafs jene sich allmälig lösten und von unten her durch die Eimer gefafst werden konnten.

Die Rammarbeiten wurden mit dem Einschlagen der in der Pfeileraxe liegenden Reihe von Rostpfählen begonnen, welche späterhin in Gemeinschaft mit der Pfahlwand den Rammwagen zu tragen hatten, von dem aus das Eintreiben der übrigen Rostpfähle erfolgte. Bei den Pfeilern VII und VIII wurde alsdann zunächst die Pfahlwand geschlagen und, nachdem diese vollendet, mit dem Einrammen der Rostpfähle fortgefahren.

Da die Oberkante der Pfahlwand (ebenso wie die der Schirm- und Faschinenwände) auf $+4,_0$ m angenommen war, um die Baugrube während der Baggerung und Betonirung vor Ueberfluthungen (welche nach dem Vorhergegangenen diese Höhe nur selten erreichen) zu sichern, so mufsten zu jenem Zwecke zwei Rammen bis zu der etwa auf $+5,_0$ m liegenden Oberkante des Rammwagens gehoben werden.

In Folge der allmäligen Compression des von den Pfahlwänden eingeschlossenen Baugrundes wurde das Einrammen dieser Rostpfähle sehr erschwert. Die 24 stündige Leistung einer Ramme reducirte sich nach und nach von 12 auf 4 Pfähle. Da nun der Baugrund in der Tiefe $-4,_0$ m (Oberkante der Betonsohle) durchweg an sich vollkommen tragfähig war, und die Rostpfähle keineswegs den Zweck hatten, ihn durch Compression zu verbessern, vielmehr nur in dem Falle wirksam werden sollten, dafs ungeachtet der Steinpackung die Betonsohle dennoch einmal unterspült werden könnte, so wurden bei den übrigen Strompfeilern die Rostpfähle, mit Ausnahme der beiden der Pfahlwand benachbarten Reihen, vor Beginn der Pfahlwand eingerammt.

Zum Aufbringen der Rammen auf die Pfahlwand dienten die auf Blatt 33 in Fig. 7 mit *a*, *b*, *c*, *d* bezeichneten, jedesmal gleichzeitig mit der Vollendung der letzteren hergestellten Gerüsttheile. Nachdem die auf Prähmen schwimmende Ramme vor das Gerüst bugsirt war, wurde sie auf die, nach dem jedesmaligen Wasserstande einzurichtenden, bei *ee* in Fig. 4 punktirt gezeichneten Doppelzangen geschoben, allmälig angehoben und unterklotzt und sodann auf den Rammwagen gerückt.

Die zu dem Eintreiben der Pfähle verwendeten 5 Dampframmen (2 von Schwartzkopff, 2 von Menk & Hambrock und 1 von Kefsler in Greifswald erbaut) waren schon bei Ausführung der Weichselbrücke zu Thorn und der Memelbrücke bei Tilsit thätig gewesen, und kann bezüglich ihrer Leistungen und Betriebskosten auf die Beschreibung dieser Bauwerke im Jahrgang XXVI der Zeitschrift für Bauwesen S. 43 verwiesen werden.

Zum Abschneiden der Rostpfähle unter Wasser diente die auf Blatt 37 Fig. 7 u. 8 gezeichnete Grundsäge. An einem quer über die Pfahlwände *aa* gelegten starken Balken *b* wurde das kurze Bohlstück *c* mittelst Bolzen befestigt. Dasselbe ist in verschiedenen Höhen zur richtigen Einstellung der Säge mit Löchern versehen, durch welche ein, in dem Querstück des Sägerahmens steckender Drehbolzen geschoben wird. Durch Hin- und Herwiegen des Rahmens und gelindes Andrücken an den Pfahl erfolgte das Abtrennen des letzteren mit der gröfsten Leichtigkeit und bei gehöriger Vorsicht ohne jede Splitterbildung. Drei Arbeiter waren im Stande, bei 12stündiger Arbeitszeit 15 Pfähle zu durchschneiden.

Sobald das Einrammen der Pfahlwand und der zugehörigen Gerüstpfähle beendet war, wurde unverzüglich mit dem Einbringen der Steinpackung in der ganzen Breite der für sie hergestellten Grube vorgegangen, damit nicht die Sohle durch zufällige Sandeinschwemmungen sich veränderе. Vor Beendigung der Betonirung durfte jedoch die Umschüttung der Pfahlwand die Höhe von 1 m bis $1,_5$ m nicht überschreiten, wenn letztere nicht durch den Druck gefährdet werden sollte (cfr. Blatt 33 Fig. 4 und 5).

Die Baugerüste der Strompfeiler sind auf Blatt 33 in Fig. 4 bis 7 dargestellt. Entsprechend der Baudisposition wurden sie im ersten Baujahre vom linken Ufer aus für die Pfeiler VII und VIII, im zweiten Baujahre im Anschlufs an das rechte Ufer für die Pfeiler IX, X und XI erbaut, wie im Situationsplan auf Blatt 31 angedeutet ist. Zwei-, beziehungsweise eingeleisige Transportbrücken, dem Thorner und Tilsiter Brückenbau entlehnt, dienten zur Verbindung mit den Lagerplätzen. Fig. 4, 5 und 7 auf Blatt 33 zeigen den Zustand der Gerüste während der Betonirung, Fig. 6 denjenigen während der Ausführung des Mauerwerks.

Für die Unterkante der Schienen beziehungsweise des Bohlenbelags wurde die auch auf den Bauplätzen angenommene Höhe $+5,_0$ m festgesetzt. Der hierbei zwischen Schienen-Unterkante und Oberkante Pfahlwand ($+4,_0$ m) verbleibende Raum von 1 m war gerade hinreichend, um den Bohlenbelag der auf den Langseiten der Pfahlwand sich bewegenden Betonschlitten mit dem Belage der Rüstungen in gleiche Höhe zu bringen. Es wurde dadurch nicht nur

eine sehr einfache Gestaltung der Gerüste ermöglicht, sondern auch jede Hebung der zu transportirenden Massen vermieden.

Die Versenkung der Betonmasse erfolgte mittelst Kasten. Diese Methode und nicht die der Anwendung von Trichtern wurde hauptsächlich deshalb gewählt, weil bei der Breite der Baugrube von $9{,}_7$ m und der Höhe zwischen der Sohle und der Oberkante des Betonschlittens von $9{,}_0$ m die Bewegung und Führung des Trichters nicht ohne Schwierigkeiten sich hätten bewirken lassen. Vier halbcylinderförmige Senkkasten von $^2/_3$ cbm Inhalt bewegten sich zu je zweien in der Querrichtung der Baugrube auf den beiden, in der Längsrichtung verschiebbaren Betonschlitten. Der auf Kippwagen von $1\,^1/_3$ cbm Inhalt verladene Beton wurde von der Betonmühle her auf dem stromabwärts liegenden Geleise der Transportbrücke herbeigefahren, und auf der in Fig. 7 mit $fghi$ bezeichneten Bühne ausgekippt. Letztere war gegen den Wagen durch eine aus Kanthölzern mit Brettverkleidung gebildete $0{,}_8$ m hohe Barriere abgeschlossen, im Uebrigen durch hochkantige Bretter eingefafst. Von dieser, mit dem Belage des Gerüstes ebenfalls in gleicher Höhe liegenden Bühne aus wurde der Beton mittelst kleiner dreiräderiger Schiebewagen von $^1/_6$ cbm Inhalt nach den Senkkasten gefahren.

Vier solcher Wagen, von denen 16 Stück beschafft waren, gaben sonach stets den Inhalt eines Senkkastens, wodurch sich der Betrieb sehr regelmäfsig gestaltete.

Auf Blat 34 sind die Vorrichtungen zum Versenken des Betons detailirt dargestellt. Zum Einbringen der für die Betonsohle jedes Pfeilers erforderlichen ca. 754 cbm stand nur eine sehr gemessene Zeit zur Verfügung.

Da das Senken und Wieder-Aufwinden erheblich mehr Aufenthalt verursacht als das Füllen der Kasten, so mufste von vorn herein auf eine bedeutende Gröfse derselben Bedacht genommen werden. Daraus ergaben sich Schwierigkeiten für das Versenken durch das Wasser, welches wegen der sonst unvermeidlichen starken Ausspülung des Betons nur mit geringer Geschwindigkeit erfolgen darf. Gewöhnliche Winden erschienen hierzu untauglich. Läfst man beim Senken die rückwärts rotirende Kurbel durch die Arbeiter aufhalten, so ist nicht nur die Beschaffenheit der versenkten Masse von deren Achtsamkeit mehr als wünschenswerth abhängig, sondern es können auch leicht Unglücksfälle eintreten, wenn die Kurbel einmal einen zu schnellen Gang annimmt. Wird dagegen die Bandbremse benutzt, so erfolgt das Senken ruckweise unter starken Erschütterungen, welche ihren Einflufs durch gröfsere Ausspülung der Betonmasse äufsern.

Die bereits früher beschriebenen Eigenthümlichkeiten der Patentaufzüge nach dem System Stauffer-Megy, durch welche gerade den erwähnten Uebelständen leicht abgeholfen werden konnte, gaben Veranlassung, dieselben auch zur Herstellung der Betonwinden zu benutzen.

Das Gewicht des gefüllten Senkkastens beträgt ca. 1750 kg. Eine Fallgeschwindigkeit von 4 m pro Minute war als die vortheilhafteste ermittelt. Da die Patentaufzüge nur mit einer Kette arbeiten, während zum Aufhängen der Kasten deren zwei erforderlich sind, und da ferner die Aufzüge von mittlerer Tragfähigkeit mit einer Fallgeschwindigkeit von 10 m bis 12 m ausgeführt werden, so wurde ein Vorgelege nothwendig. Indem dieses die Uebersetzung 1 : 3 erhielt, ermöglichte sich die Verwendung von Aufzügen mit 600 kg Tragfähigkeit und 12 m Fallgeschwindigkeit, welche von der Fabrik für den Handel gefertigt werden.

Die Winde, auf Blatt 34 in Fig. 1 bis 5 dargestellt, läuft auf den, an den Kanten mit Winkeleisen armirten Tragbalken des Betonschlittens und besteht aus einem von leichten Hölzern in Sprengwerksform (cfr. Fig. 2) construirten, auf 4 Rollen beweglichen Wagen. Je zwei Rollen, welche auf demselben Balken laufen, sind durch verkröpfte, dicht über dem Balken liegende Winkeleisen u mit einander verbunden, um das Ausweichen des Sprengbocks zu verhindern.

Der Patentaufzug A ist in senkrechter Stellung angebolzt. An Stelle der bei gewöhnlicher Verwendung der Aufzüge auf der Lastwelle a sitzenden Kettennufs wurde ein besonderes Getriebe b eingebracht, welches in Gemeinschaft mit dem bereits vorhandenen Stirnrade c auf die Vorgelegewelle d wirkt. Letztere trägt zwei zusammengegossene Stirnräder e, f, von denen je eines mit Hilfe der Ausrückung g abwechselnd mit b und c in Eingriff gebracht werden kann. An den Enden der Vorgelegewelle sind zwei, zu Patentaufzügen von 1000 kg Tragfähigkeit gehörige Kettennüsse hh nebst Führungsbogen ii angebracht, an denen der Senkkasten mittelst 13 mm starker Ketten kk aufgehängt ist. Die Führungsbogen, welche das Abgleiten der Kette von der Nufs verhindern sollen, sitzen nur lose auf der Welle, sind daher durch die Stützen ll (Fig. 2 und 4) in ihrer Stellung fixirt.

Schliefslich befindet sich auf der Vorgelegewelle noch die Tautrommel m. Sie bewirkt nach vollbrachter Senkung des Kastens das Oeffnen und Heben desselben. Zu diesem Zwecke ist an den, in einen Ring n zusammengefafsten vier Ketten oo von 7 mm Stärke eine einfache Rolle p befestigt, um welche sich das 20 mm starke Tau q legt, dessen eines Ende mit den Holztheilen des Wagens verbunden ist, während das andere, nachdem es die Trommel mit einer Windung umfafst hat, frei in der Hand des Arbeiters ruht.

Das Tau darf durch die Rotation der Vorgelegewelle dem Senkkasten weder eine geringere noch eine gröfsere Bewegung zu ertheilen im Stande sein, als dieser von den Ketten kk erhält. Denn im ersteren Falle würde es schlaff im Wasser umherhängen und Spülungen verursachen, im letzteren den Kasten vor der Zeit öffnen.

Dies hätte sich am leichtesten erzielen lassen, wenn das Tau direct mit dem Ringe n verbunden und der Durchmesser der Trommel + 2 halben Taustärken gleich dem Theilrifsdurchmesser der Kettennufs h genommen wäre. Da letzterer nur 97 mm beträgt, eine Trommel von 77 mm Durchmesser aber nicht die nöthige Reibung entwickelt hätte, so wurde die lose Rolle zwischen geschoben und der Durchmesser der Trommel auf $2 \cdot 97$ mm — 20 mm = 174 mm festgesetzt. Der Trommel konnte nur die Länge von $0{,}_{38}$ m gegeben werden. Diese genügte aber nicht, um in einem Zuge den geöffneten und entleerten Kasten, wie erforderlich, bis über Wasser zu schaffen. Dieserhalb war an dem Bügel der Rolle p noch ein zweites Tau r befestigt, welches dazu diente, den Kasten abzustopfen, sobald die ganze Länge der Trommel von dem Tau q durchlaufen war.

Letzteres wurde dann gelüftet und zurückgeschoben, um die Hebung zu vollenden.

Zur Verhütung des Vorbeifallens von Betontheilen während der Füllung des Kastens sind die unteren Theile des Wagens durch Brettwände allseitig abgeschlossen. Der Kasten legt sich dabei zu gleichem Zwecke theils unter diese Bretter, theils unter die Vorsprünge von zwei profilirten, an den Tragbalken des Betonschlittens befestigten Leisten *s*, welche da, wo während der Füllung die Ketten *oo* liegen müssen, einen Ausschnitt haben (cfr. Fig. 1, 2, 5).

Der Kasten wird zur Vermeidung starker Spülungen beim Eintauchen in das Wasser so gefüllt, dafs die Betonmasse über den oberen Rand in Form einer vierseitigen $1\frac{1}{2}$ fach geböschten, sorgfältig gestampften und abgeglichenen Pyramide sich erhebt. Das Senken erfolgt unter Eingriff der Räder *b* und *e*, indem von den bei jeder Winde thätigen drei Arbeitern der eine, welcher seinen Stand auf dem etwas erhöhten Brett *t* hat, die Kurbel leicht rückwärts drückt, die beiden anderen auf die beiden Taue Acht geben, resp. die Ausrückung handhaben.

Ist der Kasten auf der Sohle angelangt, so mufs durch Rückwärtsdrehen der Kurbel unter gleichzeitigem Aufheben der Sperrklinke *v* des Patentaufzuges (welche dies sonst verhindern würde) zuförderst soviel Kette nachgegeben werden, dafs der Mittel-(Dreh-)punkt des Kastens sich genügend tief senken kann, um das Oeffnen zu gestatten. Dann werden die Räder *c* und *f* in Eingriff gebracht. Indem nun das Tau *q* scharf angezogen und die Kurbel vorwärts gedreht wird, erfolgt das Oeffnen des Kastens und das Ausschütten des Betons. In gleicher Weise wird der Kasten bis über Wasser gezogen, und dann das Tau *q* nachgelassen, wodurch er sich von selbst in die Ketten hängt, die ihn vollends bis unter den Wagen hinaufwinden.

Die Senkkasten von $^2/_3$ cbm Inhalt (Fig. 1, 2, 6. 7 auf Blatt 34) haben im Lichten $1,_1$ m Durchmesser und $1,_1$ m Länge. Sie sind aus 3 mm starkem Eisenblech und (20×20) $2^3/_4$ mm starken Winkeleisen mit Nieten von 6 mm Durchmesser zusammengesetzt und mit mehreren Flachstäben von 30×8 mm Stärke versteift.

Zur Armirung der unteren Kanten der zusammenstofsenden Hälften dienen je zwei abgeschärfte Flacheisen von 40×9 mm. Zwischen den beiden Drehpunkten (25 mm starke Bolzen) war in der Axe des Kastens ursprünglich ein 25 mm starkes Gasrohr eingelegt, um die ebenen Wände gegen Ausdrücken zu schützen, doch sind dieselben sehr bald entfernt worden, da sie sich nicht nur durchaus entbehrlich, sondern sogar dem glatten Ausschütten des Betons hinderlich zeigten. Die Kasten, von denen jeder einschliefslich der Ketten *oo* und des Ringes *n* ca. 130 kg wiegt, haben sich in dieser Gestalt sehr gut bewährt, denn obgleich mit ihnen im Ganzen ca. 5900 cbm Beton versenkt sind, bedurften sie weder irgend welcher Reparatur, noch sind sie im geringsten deformirt worden.

Den in den Fig. 8 bis 12 auf Blatt 34 dargestellten, $^1/_6$ cbm fassenden Schiebewagen zum Füllen der Senkkasten mufste eine solche Form gegeben werden, dafs sie sich leicht bewegen liefsen und ohne weitere Nachhilfe sich entleerten. Sie ruhen auf 3 Rädern von 200 mm Durchmesser. Die hintere schräge Wand ist im oberen Theile $1:1$, im unteren $1:1^1/_2$ geneigt; die vordere, senkrechte Wand besteht zum gröfsten Theil aus einer, oben im Zapfen drehbaren Klappe, welche durch das Zurückziehen der unten an beiden Seiten des Kastens befestigten Handhebel frei wird, und sich unter dem Druck der Betonmasse von selbst öffnet. Der Kasten einschliefslich der Klappe ist aus 2 mm starken, mit leichten Winkeln und Stäben armirten Blechen, das Radgestell aus (33×33) $3^1/_4$ mm starken Winkeleisen zusammengesetzt. Behufs Füllung des Senkkastens wurden die Wagen, welche leer nur 71 kg, gefüllt ca. 475 kg wiegen und von einem Mann leicht sowohl geschoben als nach allen Richtungen gedreht werden können, so vor die Mitte des Senkapparates gebracht, dafs die vorderen Räder das gekröpfte Winkeleisen *u* desselben berührten (cfr. Fig. 8). Dies geschah abwechselnd von der einen und anderen Seite und nahm, da die vier Wagen immer schon gefüllt in Bereitschaft standen, nur eine sehr geringe Zeit in Anspruch.

In der Baugrube lagert sich die von einem Senkkasten geschüttete Betonmasse annähernd in Form einer vierseitigen Pyramide ab. Werden mehrere Kasten in mehreren Reihen neben einander geschüttet, so bildet sich eine nach zwei Seiten hin gewellte Oberfläche, wie in Fig. 4 und 5 auf Blatt 33 dargestellt ist. Hätte man nun die Senkkasten der nächstfolgenden Schicht wieder an derselben Stelle niedergelassen, wie bei der vorhergehenden, so würden sie auf die hervorragenden Spitzen der Pyramiden getroffen haben. Der ausgeschüttete Beton mufste alsdann in das Thal der Wellen hineinrollen, wodurch starke Ausspülungen veranlafst worden wären. Um dies zu vermeiden, wurde in den aufeinander folgenden Betonschichten die Stellung der Senkkasten um deren halbe Breite verwechselt. Jedem Kasten war in der Grube ein Flächenraum von $1,_1$ m Breite und $1,_1$ m Länge zugetheilt. Sowohl die Balken der Betonschlitten als die Holme der Pfahlwand (auf welchen sich die Betonschlitten bewegten) wurden in Entfernungen von $0,_{55}$ m mit senkrechten, abwechselnd schwarzen und rothen Farbenstrichen bezeichnet. Beim Schütten der ersten, dritten und fünften Betonschicht stellte man die Mitten sowohl der Betonschlitten als der Betonwinden stets auf die schwarzen, bei der zweiten, vierten, sechsten Schicht auf die rothen Striche. Wenngleich sich hierdurch am Rande der Betonsohle, namentlich in den Ecken derselben, einige Unregelmäfsigkeiten ergaben, so wurde doch bei hinreichender Achtsamkeit im Ganzen eine ziemlich horizontale Oberfläche erzielt. Die Ausgleichung der unvermeidlichen Unebenheiten, welche um so weniger nachtheilig waren, als mit dem Kasten niemals die volle Höhe der Sohle ausgeschüttet wurde, erfolgte erst nach Herstellung der Fangedämme und Entleerung der Baugrube durch trocken eingebrachten Beton.

Quellen wurden in den Sohlen nur ganz vereinzelt und in höchst unbedeutendem Umfange vorgefunden und konnten bei der geringen Druckhöhe des Wassers leicht durch Uebermauerung gestopft werden.

Zum Einbringen des Betons waren für sämmtliche 4 Winden 26 Arbeiter thätig, und zwar bei jeder Winde 3 zum Senken und 2 zum Herbeischaffen des Betons mittelst der Schiebewagen (= 20 Mann), ferner bei jedem Betonschlitten 2 zum Reinigen der Schiebewagen und des Bohlenbelages (= 4 Mann), endlich zum Auskippen der von der

Betonmühle ankommenden mit Material beladenen Kippwagen 2 Mann.

Aufserdem wurden bei der Bereitung des Betons und dem Transport desselben von der Mühle nach dem Baugerüst noch ca. 90 Mann beschäftigt.

Die gröfste Leistung in 12 stündiger Arbeitszeit war 227 Senkkasten à $^2/_3$ cbm = $151^1/_3$ cbm; im Durchschnitt wurden jedoch, da mannigfache Störungen, namentlich an der Mörtelmaschine, die Arbeitsleistung beeinflufsten, nicht mehr als 100 cbm pro Tag versenkt, so dafs die Fertigstellung einer Betonsohle 7 bis 8 Arbeitstage beanspruchte.

Der zur Sohle verwendete Beton bestand aus 12 Theilen Granitsteinschlag, 6 Theilen Sand und 2 Theilen Cement; zu den Beton-Fangedämmen wurde Cementmörtel im Verhältnifs von 1 : 2 mit einem entsprechend geringeren Zusatz von Steinen als vorhin verwendet.

Obgleich das Versenken des Betons mit der gröfsten Vorsicht erfolgte, so hatten sich doch als eine üble Beigabe des Betonirens mittelst Kasten nicht unbedeutende Schlammmassen entwickelt, welche zwar zum gröfsten Theile, soweit sie an die Oberfläche in Schaumform emporgestiegen, mittelst eines Drahtsiebes fortwährend abgeschöpft wurden, trotzdem aber noch eine starke Lage auf der fertigen Sohle bildeten. Die unvermeidliche unregelmäfsige Ablagerung des Betons bei dem Betoniren mittelst Kasten und die gröfsere Schlammmassenbildung zeigte sich auch für die Herstellung der Fangedämme nachtheilig, indem der vollständig dichte Schlufs der Sohle mit den Fangedämmen nicht durchweg zu ermöglichen war. Zum Dichten der einzelnen Quellen hierselbst wurde mit Vortheil Gyps verwendet. Bei kleineren Quellen genügte es, faustgrofse, aus der angefeuchteten Masse gebildete Klöfse fest auf die wunde Stelle zu drücken und kurze Zeit, bis zur Erhärtung, festzuhalten. Wo dieses Mittel nicht ausreichte, wurde aus den Klöfsen allmälig ein vom Quell bis zur Höhe des äufsern Wasserspiegels aufsteigender Canal geformt, was selbst bei starkem Zuflufs immer den gewünschten Erfolg hatte. Wie ein Vergleich der Figuren 5 und 6 auf Blatt 33 ergiebt, besteht der Unterschied zwischen der Rüstung für das Betoniren und derjenigen für die Mauerung nur darin, dafs die Doppelzangen *k*, Holme *l* und Querbalken *m* nebst dem aufliegenden Bohlenbelage der Seitengerüste im ersteren Falle, um den Betonschlitten Platz zu machen, ca. 1 m nach jeder Seite hinausgerückt werden mufsten. Die Zangen *k* fanden noch genügendes Lager auf der Verholmung der Pfahlwand, da zur Zeit der Betonirung sich auf den Seitengerüsten nur die kleinen Schiebewagen bewegten. Nach Vollendung der Betonsohle wurden innerhalb längstens 8 Tage jene, schon mit den erforderlichen Einkämmungen versehene Hölzer nach der Mitte hin verschoben, die aus Fig. 6 ersichtlichen Geleise im Anschlusse an die auf der Kopfrüstung befindlichen Drehscheiben verlegt und ein Doppelhebekrahn errichtet. Ebensoviel Zeit nahm die Herstellung der Fangedämme, das Entleeren der Baugrube, Einebenen der Betonsohle und die Vorbereitung für die Mauerung in Anspruch, so dafs letztere durch die Veränderung der Gerüste nicht im mindesten aufgehalten wurde.

Es möge noch erwähnt werden, dafs bei den im zweiten Baujahre zur Ausführung gebrachten Pfeilern IX und XI das eine Seitengerüst gänzlich fortgelassen wurde, ohne dafs dadurch weder der Betonirung noch der Herstellung des Mauerwerks wesentliche Erschwernisse erwuchsen.

Die Kämpenpfeiler ruhen, wie auf Blatt 35 in Fig. 1, 2, 3 dargestellt ist, auf je 3 kreisförmigen Brunnen von $7,_8$ m äufserem Durchmesser, welche in lichten Abständen von $0,_5$ m auf Holzkränzen aufgemauert sind. Der Druck der gesammten todten und beweglichen Last auf den Untergrund beträgt $3,_{59}$ kg pro qcm.

Die Holzkränze (cfr. Fig. 8) wurden $0,_6$ m hoch und $0,_{785}$ m breit mit einem äufseren Durchmesser von $7,_{81}$ m aus 3 Felgenlagen hergestellt, deren Stärke — von oben herab — $0,_{15}$ m, $0,_{15}$ m und $0,_{30}$ m beträgt. Dieselben sind durch Bolzen, Eisenklammern und eichene Dübel zu einem Körper von bedeutender Steifigkeit verbunden und mit einem Schneidekranz von ⊣-Eisen vernietet, welcher eine unterste Lagerfläche von 78 mm Breite gewährt.

Da die Brunnen nach den angestellten Bodenuntersuchungen hauptsächlich durch leichten wasserdurchzogenen Sand zu treiben waren, erhielten sie aufsen eine reine Cylinderform, wurden jedoch zur Verminderung der Reibung mit einem mit der Kelle möglichst geglätteten Cementbewurf versehen. Die Wandungen sind $1,_{22}$ m stark, gleich $4^1/_2$ Steinlängen der zur Verwendung gekommenen sehr grofsen Ziegel. Hierdurch wurde es möglich, die Brunnen ohne weitere Belastung bis zur projectirten Tiefe hinabzusenken. Eine, wenn auch sonst wünschenswerthe noch gröfsere Wandstärke verbot sich mit Rücksicht auf die dadurch vermehrten Schwierigkeiten der Baggerung und Betonirung. Das von dem Holzkranz bis auf das angegebene Maafs mit Böschung von 1 : 4 sich verstärkende Mantel-Mauerwerk ist mit Cementmörel (1 Theil Cement, 3 Theile Sand) in concentrischen, 1 Stein, beziehungsweise $^1/_2$ Stein starken Ringen hergestellt, welche in jeder Schicht um eine halbe Steinlänge verwechseln.

Die Oberkante der Brunnen liegt bei Ord. + $0,_2$ m. Für die Pfeiler II, III, IV und V wurde die Senkung derselben bis Ord. — $6,_8$ m als ausreichend und jede weitere Sicherung als entbehrlich erachtet. Pfeiler VI hingegen, welcher nur 40 m von dem, hier nicht regulirten und ganz unbefestigten Ufer entfernt ist, wurde um 1 m tiefer, bis auf Ord. — $7,_8$ m fundirt und mit einer Steinpackung, ähnlich derjenigen der Strompfeiler umgeben.

Vor Verlegung der Holzkränze wurde der Baugrund, soweit das Grundwasser es gestattete, in einem allseitig ca. 1 m über die Grenze der Brunnen hinausgehenden Umfange ausgehoben. Die Aufmauerung erfolgte bei den ersten Pfeilern zunächst nur zur halben Höhe, um für das gebaggerte Material eine möglichst geringe Hubhöhe zu gewinnen. Da es sich jedoch bald herausstellte, dafs der mit der gröfseren Hebung verbundene Arbeitsverlust erheblich geringer war, als der durch das Ab- und Aufbringen des Baggerapparates herbeigeführte, und da ferner die Vermehrung der Belastung das Sinken der Brunnen von Anfang an besser förderte, so wurden letztere späterhin gleich bis zur vollen Höhe aufgemauert.

Für die Brunnensenkung fanden die sogenannten Regemont'schen Vertical-Handbagger Verwendung.

Blatt 35 zeigt in Fig. 4 und 5 die Aufstellung der Bagger auf den Brunnen. Wie oben angeführt, sollte die Oberkante der fertig gesenkten Brunnen bei Ord. + $0,_2$ m

liegen; es mufste aber während der Baggerung durchschnittlich auf einen höheren Wasserstand, bis zu $+ 1{,}_0$ m gerechnet werden. Daher wurde jedem Brunnen ein provisorischer, $0{,}_8$ m hoher, 1 Stein dicker, mit 16 quadratischen Vorlagen von $1\,^1/_2$ Stein Seite versehener Kranz aus Ziegelsteinen in Cementmörtel zum Abschlufs des Wassers aufgesetzt. Auf den über die Pfeilervorlagen radial gestreckten 16 Schwellen f ruht ein Schienenkranz von $6{,}_2$ m Durchmesser, auf welchem sich als Unterbau für den Bagger ein drehbarer vierräderiger Wagen aus starken Balken bewegt.

Der Bagger besteht aus einem leichten Holzgerüst und hat hölzerne Ruthen. Letztere werden durch eiserne Bügel mit den Rahmstücken und Schwellen des Gerüstes so verbunden, dafs sie sich in ihnen auf und nieder schieben lassen, und können mittelst durchgesteckter Bolzen in bestimmter Lage festgehalten werden. Sie sind zu diesem Zwecke in durchaus gleichmäfsigen, vom unteren Ende ab gemessenen Abständen von 20 cm mit Löchern versehen. Diese erhalten eine von unten aufsteigende Nummerirung, um die genau horizontale Einstellung der unteren Trommelwelle, welche zur richtigen Führung der Eimerkette durchaus nothwendig ist, zu erleichtern. Jenachdem man nun alle 4 Ruthen bei den gleichen Nummern befestigt, oder zwei derselben, und zwar immer solche, welche auf derselben Seite der Trommelaxe liegen, um ein Loch höher steckt, kann der Bagger auf Höhendifferenzen von 10 cm eingestellt werden. Die untere Trommel besteht aus hölzernen mit Eisenschienen armirten Scheiben und Stäben, das obere Fünfkant ist aus Eisen hergestellt. An der 13×35 mm starken Gliederkette hängen die $0{,}_{05}$ cbm fassenden Eimer in Abständen von $1{,}_5$ m. Zur Bewegung dienen zwei Handkurbeln und zwei Zahnräder, welche zusammen eine 13fache Kraftübersetzung gewähren.

Da an den beiden Kurbeln 10 Mann oft mit äufserster Kraftanstrengung arbeiten, so war der Druck der Eimer gegen den Boden ein sehr bedeutender, während die Baggerruthen bei $9{,}_5$ m bis $10{,}_5$ m freier Länge nur eine Stärke von 12 cm $\times$ 16 cm hatten. Die nöthige Widerstandsfähigkeit mufste ihnen daher durch Taue gegeben werden, welche einerseits an ihrem unteren Ende, andererseits an den Balken des Wagens befestigt wurden. Es war Anfangs beabsichtigt, den Bagger selbst noch auf Rollen zu stellen und mittelst dieser während der Arbeit nach jedesmaliger Rotation des Wagens allmälig vom Mittelpunkt nach dem Rande des Brunnens und wieder zurück zu verschieben, um die Sohle immer in ebenen Schichten abzutragen. Aus diesem Grunde erhielt der Wagen die aus den Zeichnungen ersichtliche Ausdehnung über den Mittelpunkt hinaus. Hiervon wurde aber bald Abstand genommen und der Bagger unbeweglich so aufgestellt, dafs die Ruthen den innern Rand des Mauerwerks nahezu berührten. Seine Arbeit erzeugte also eine kreisförmige, beiderseits nahezu zweifach geböschte Rinne, in deren äufseren Rand sich der Holzkranz durchaus gleichmäfsig einsenken konnte. Diese Rinne wurde (cfr. Fig. 1 und 2) nach vollendeter Senkung der Brunnen bis zur Unterkante des Holzkranzes mit reinem scharfem Sande ausgefüllt, welcher sich in dem Wasser so fest ablagerte, dafs ein Nachgeben unter der später aufgebrachten Last nirgend bemerkt werden konnte.

Das gebaggerte Material fällt aus den Eimern über eine mit der Hand bewegliche Klappe ab (Fig. 4) und schräg stehende Bretter cd auf die an dem Wagen aufgehängte, also mit ihm rotirende Bühne de. Von hier aus wird es sofort auf den kranzförmigen Bohlenbelag geworfen, welcher auf den zu diesem Zwecke verlängerten Schwellen ff verlegt ist. Letztere sind nicht nur durch Bohlenstreben gg gestützt, sondern auch mit dem Mauerwerk durch lange Eisenklammern hh und aufserdem mit dem Schienenkranz fest verbunden. Von dem Bohlenbelage aus wird das Baggermaterial immer hinter dem sich drehenden Apparate her in Karren verladen und über das Brettgerüst ii (Fig. 5) nach den abseits gelegenen Ablagerungsplätzen transportirt.

Die Bewegung des Wagens erfolgte einfach mittelst starker unter die Laufräder gesetzter Brechstangen. In der Regel geschah die Bewegung in derselben Richtung, in welcher die Eimer in den Boden einschnitten, wie in Fig. 5 durch Pfeile angedeutet. Blieb aber der Brunnen an einem Punkte seines Umfanges in der Senkung zurück, so wurde der Bagger unter fortwährender Arbeit über die betreffende Stelle hinweg rückwärts und wieder vorwärts gedreht und zwar so oft, bis die horizontale Lage des Kranzes eintrat. Da auf letztere grofser Werth gelegt werden mufste, so waren behufs steter Controlle an der innern Mantelfläche des Mauerwerks 4 Pegellatten kk verklammert, welche, vom oberen Brunnenrande her getheilt, im Wasserspiegel die relativen Höhen anzeigten.

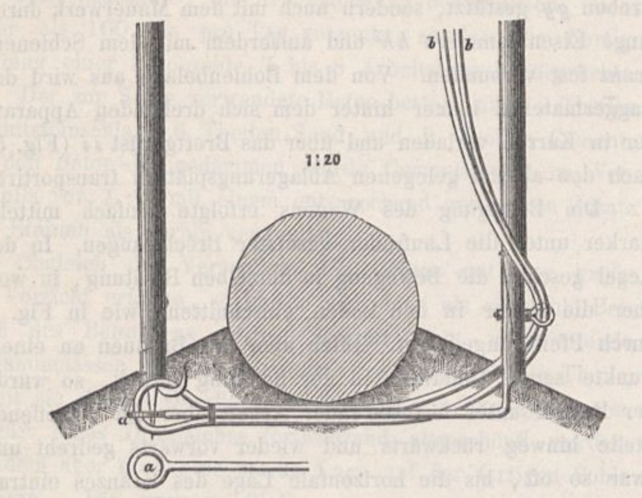
Abgesehen von den, zum Fortkarren des Bodens von der kreisförmigen Rüstung angestellten Arbeitern, deren Zahl wechselte, wurden an jedem Bagger 1 Baggermeister und 16 Mann beschäftigt, und zwar: 3 Mann zum Drehen des Wagens, 10 Mann an beiden Kurbeln, 1 Mann zum Bedienen der Schüttklappe und 2 Mann zum Abwerfen des Bodens auf die Rüstung.

Selbstverständlich zeigten sich in dem Sinken der Brunnen grofse Verschiedenheiten, je nach der Beschaffenheit des Erdreichs und der bereits erreichten Tiefe.

Die gröfste Senkung in 12stündiger Arbeitszeit betrug $0{,}_{79}$ m, doch kann als Durchschnitt für die gesammte Baggerung nur eine solche von $0{,}_{35}$ m angenommen werden, welche bei $7{,}_{81}$ m Kranzdurchmesser einer verdrängten Erdmasse von $16{,}_8$ cbm entspricht. Durch Zählung der in einer Stunde emporsteigenden Eimer ergab sich, dafs der Bagger bei mittlerer Füllung 36 cbm in 12 Stunden fördert. Wird auch hiervon ein starker Abzug gemacht für die unvermeidlichen Betriebsstörungen, so geht doch aus diesen Zahlen hervor, dafs die Brunnen trotz der grofsen Mauerstärke noch nicht schwer genug waren, um bei tieferer Einsenkung das Untergraben des Holzkranzes und das Eindringen bedeutender Bodenmassen von aufsen her zu verhüten.

Die Brunnen der Pfeiler II, III, IV und VI konnten ohne jedes Hindernifs bis zur erforderlichen Tiefe gebracht werden, da in dem Untergrunde nur vereinzelte kleine Steine und Holzstücke vorkamen. Bei Pfeiler V traten jedoch Umstände ein, welche die Brunnensenkung aufserordentlich erschwerten und die Vollendung lange Zeit aufhielten. Als die drei Brunnen die Tiefe — $4{,}_7$ m erreicht hatten, wurden in dem stromabwärts gelegenen nach und nach mehrere quer durch denselben gehende Baumstämme aufgefunden, deren Beseitigung, nachdem es sich als unmöglich erwiesen

hatte, das Wasser mittelst Kreiselpumpen zu entfernen, unter Anwendung starker Ketten und Hebezeuge erfolgte. Zu diesem Zwecke wurde, da ein Taucher damals noch nicht zur Verfügung stand, der Stamm möglichst nahe der Brunnenmitte soweit frei gebaggert, als es der leicht bewegliche und immer wieder nachstürzende Sandboden gestattete, und unter demselben ein Tau mittelst des hierneben dar-



gestellten Hakenapparats durchgezogen. Letzterer läuft in einen Ring *a* aus, welcher das verdoppelte, mit beiden Enden nach oben führende Tau *b* umschliefst. Dieses ist durch drei- bis viermalige Umwindung mit einer dünnen Schnur so fest mit dem Eisen verbunden, dafs es eine offene Schlinge bildet. War der Haken durch Drücken und Hin- und Herwiegen unter dem Stamm durchgeschoben, so wurde die Schlinge mittelst eines Bootshakens aufgesucht und erfafst, die Schnur mit starkem Ruck zerrissen, und das Tau, an dessen einem Ende eine 30 mm starke Hebekette befestigt war, mit dieser emporgeholt.

Zum Anheben diente die auf Blatt 37 Fig. 15—17 dargestellte Schraube von 20000 kg Tragfähigkeit, welche sich auf starke, über den Brunnen gelegte Balken stützte. Sie erhielt ihre Bewegung dadurch, dafs 4 Brechstangen *a*, wie im Grundrifs punktirt angedeutet, zwischen die von Bronze hergestellte Mutter und die sie umgebenden 4 Hülsenbolzen gesteckt, und von den Arbeitern im Rundlauf gedreht wurden. Lag der Stamm nur mit dem einen Ende unter dem Kranz, so machte die Hebung keine Schwierigkeiten, war er jedoch an beiden Enden von den Brunnen belastet, so mufste er zunächst mittelst einer besonders dazu geformten Grundsäge ca. 6 m unter Wasser durchschnitten werden. Das stärkste der hier vorgefundenen, wie sich herausstellte aufserordentlich festen Eichenhölzer hatte oberhalb des mit heraufgeholten Wurzelansatzes einen Durchmesser von 60 cm.

Als diese Hindernisse beseitigt und die Brunnen weiter bis zur Tiefe $-5{,}_0$ m gesenkt waren, wurde in dem stromaufwärts belegenen Brunnen ein starker, mit beiden Enden unter dem Kranze liegender Stamm angetroffen. Nach Durchschneidung desselben liefs sich die eine Hälfte mit Leichtigkeit hervorziehen, während die andere mittelst der Schraube zwar angehoben, aber nicht entfernt werden konnte. Auch die vereinte Einwirkung dieses und noch eines zweiten Hebeapparats, bestehend aus einer Hebelade von 13000 kg Tragfähigkeit, bewirkte nur ein weiteres Lüften des freien Endes, wobei der Stamm der Länge nach aufspaltete. Durch Bohrungen aufserhalb des Brunnens ergab sich, dafs das Holz mit dem Hauptstock nicht sehr weit über den äufseren Umfang des Kranzes hinausragte, und mufste daraus geschlossen werden, dafs es mit längeren hakenförmigen Wurzelansätzen hinter denselben fafste, dafs also seine Entfernung von innen her überhaupt nicht möglich sei. Es durfte nicht gewagt werden, den Stamm dicht neben der Innenkante des Kranzes zu durchschneiden, da von dem Hauptstock noch mehrere längere Wurzelenden ausgingen, welche das Beiseiteschieben des alsdann noch unter dem Mauerwerk verbleibenden Hindernisses durch dessen blofse Last aller Voraussicht nach vollständig verhindert hätten.

Nach verschiedenen, auch mit Hilfe von Taucherapparaten vorgenommenen, mifsglückten Versuchen, und nachdem bereits die Anfertigung eines auf pneumatischem Wege aufserhalb des Brunnens zu senkenden Eisencylinders in Betracht gezogen war, gelang es, die Schwierigkeiten in folgender einfacherer Weise zu überwinden.

Bereits früher war aufserhalb des Brunnens rings um den Stamm ein Kasten von 26 cm starken Spundpfählen, wie aus der Zeichnung Fig. 9—11 auf Blatt 37 ersichtlich, geschlagen, innerhalb dessen der Boden bis zur Unterkante des Kranzes ($-5{,}_0$ m) ausgebaggert werden sollte, um dann das Holz mit Hilfe des Tauchers zu durchstemmen. Leider konnte eine solche Tiefe nicht erreicht werden, da die erwähnten Wurzelenden nicht den Pfählen ausgewichen waren, sondern dieselben zur Seite gedrängt hatten, und durch die entstandenen breiten Lücken fortwährend neuer Boden von aufsen her nachflofs. Es wurde nunmehr dicht an den Brunnenmantel anschliefsend über den Baumstamm ein Holzgerüst *aa*, *bb* aufgestellt, dessen obere und untere Doppelzangen *aa* und *bb* in gleichmäfsigen Abständen durchlocht waren, um mittelst durchgesteckter Bolzen zur Führung von senkrecht eingesetzten, $13{,}_5$ cm starken eisernen Bohrlöchern *c* zu dienen. Letztere fanden ihren Platz zunächst zwischen den Löchern 1 und 3, dann zwischen 3 und 5, 5 und 7 u. s. w. Nachdem sie soweit herunter getrieben waren, dafs sie auf das Holz trafen, wobei mit bestem Erfolge das Einspritzen von Wasser mittelst einer Feuerspritze zur Verwendung kam, wurde mit dem quadratischen, 4 cm starken Bohrgestänge ein 11 cm breiter Centrumbohrer (Fig. 12 u. 13 Bl. 37) verbunden, dessen Schaft behufs besserer Führung in dem Rohre eine halbe Windung erhalten hatte. Die unter starker Belastung vorgenommene Drehung desselben erzeugte in dem Stamm ein Loch von 11 cm Durchmesser. Hierzu war keine besonders grofse Kraftanstrengung erforderlich, doch mufste der Bohrer wegen des in dem Loch sich ablagernden Sandes sehr oft geschärft werden. Zum Herausbringen der ganz regelmäfsig geschnittenen, ca. 1 cm starken Bohrspäne diente wiederum die Feuerspritze, deren Schlauchmundstück neben dem Bohrgestänge so tief als es anging in das Rohr hinuntergelassen wurde.

Durch die allmälige Versetzung des Bohrers in dem Gerüst *aa*, *bb* entstand in dem Stamm eine Reihe neben einander liegender Löcher, zwischen denen jedoch noch festes Holz in durchschnittlich $7{,}_5$ cm Breite verblieben war. Um auch dieses zu beseitigen, stellte man den Bohrer nach und nach zwischen die, in die Löcher 2 und 4, 4 und 6, 6 und 8 u. s. w. der Doppelstangen gesteckten Bolzen. Da

jedoch die Führung des Bohrrohres, welches, ehe es den Stamm erreichte, noch durch eine ca. 2 m starke Sandschicht zu senken war, viel zu wünschen übrig liefs, so kam es vor, dafs der Centrumbohrer hierbei einem der früher hergestellten Löcher sich zu sehr näherte und, durch das einseitige Fehlen des Holzes seitwärts gegen das Rohr gedrängt, nicht mehr bewegt werden konnte. Daher wurde nunmehr am unteren Ende des Bohrrohrs ein stählerner cylinderförmiger 10 mm starker Sägenkranz *d* (Fig. 14 Blatt 37) mit beiderseits um 5 mm verschränkten Zähnen angenietet, und das Rohr selbst als Bohrer benutzt. Unter starker Belastung schnitt sich derselbe mit ziemlicher Leichtigkeit in das Holz ein, und war es immer nach kurzer Zeit nöthig, den innerhalb des 165 mm weiten Loches verbleibenden, ca. 125 mm starken Holzkern mit Hilfe des Centrumbohrers zu beseitigen. Auf diese Weise gelang es, den Stamm innerhalb 17 Tage mit 12 Löchern zu durchsetzen, von denen das tiefste eine Länge von 55 cm hatte, während die Gesammtlänge nahezu 5 m betrug. Aus den vorgenommenen Messungen ergab sich ungefähr der aus der Zeichnung ersichtliche Querschnitt der durchbohrten Stelle.

Ein alsdann vorgenommener Versuch, den Stamm in das Innere des Brunnens hineinzuziehen, mifslang. Es konnte nicht zweifelhaft sein, dafs derselbe aufsen vollständig abgetrennt war, denn durch Auspumpen des Wassers senkte sich der Brunnen, welcher früher an der betreffenden Stelle absolut festgestanden hatte, nunmehr ganz gleichmäfsig um 27 cm. So blieb nur die Annahme übrig, dafs zwischen der Trennungsfläche und dem Brunnenkranz in Folge der mangelhaften Führung des Bohrers noch ein hakenförmiger Wurzelansatz verblieben sei. Daher wurde jetzt der Stamm im Innern des Brunnens, so nahe als möglich dem Kranz, bei *e*, mit der Grundsäge durchschnitten, und das freie Ende, welches einen Durchmesser von 50 cm hatte, herausgezogen. Das zwischen dem Sägenschnitt und den Bohrlöchern befindliche Stück, welches nicht zu Tage gefördert werden konnte, hat der weiteren Senkung keine Hindernisse bereitet.

Zum Betoniren der Kämpenpfeiler dienten die schon bei den Strompfeilern beschriebenen Apparate, deren Aufstellung aus Blatt 35 Fig. 6 und 7 ersichtlich ist. Auf den, wie für die Baggergerüste verlegten Schienenkränzen wurde ein drehbares Holzgestell errichtet, dessen beide Hauptbalken die Winden aufnahmen und an ihren Enden die Hängebühnen *ll* trugen, von denen aus die Drehung des Gestelles mittelst Brechstangen erfolgte.

Die Betonsohle erhielt die Stärke von $2{,}_5$ m. Jede Schicht derselben setzt sich aus zwei Theilen zusammen, einem äufseren, aus 12 Kastenfüllungen gebildeten Ringe und einem inneren, 3 Kastenfüllungen enthaltenden Kreise (cfr. Fig. 6), zu deren Herstellung die Winden abwechselnd, wie aus Fig. 7 ersichtlich, nach dem Rande und nach der Mitte des Brunnens gerückt wurden. Da nun das von einer Kastenfüllung herrührende Segment des Ringes sowohl als des Kreises nach dem Brunnenrande hin mehr Masse verlangt, als nach der Mitte zu, so wurden behufs horizontaler Abgleichung jeder Schicht zwei senkrechte, nach dem Brunnenmittelpunkt hin convergirende Brettstücke in den Kasten durch Schraubenbolzen befestigt (Fig. 6), und die hufförmigen Räume zwischen ihnen und den cylindrischen Kastenwänden mit Ziegeln und Cementmörtel ausgemauert.

Wie bei den Strompfeilern wurde auch hier auf eine Verwechselung der Kastenfüllung in zwei aufeinander folgenden Schichten, deren Stärke durchschnittlich $0{,}_3$ m betrug, Rücksicht genommen.

Für die Betonmischung fand das bei den Strompfeilern erwähnte Verhältnifs Anwendung. Die Sohlen erwiesen sich nach Entleeren der Brunnen ziemlich dicht, nur wenige kleine Quellen traten zu Tage, diese aber strömten unter dem hohen Wasserdruck mit grofser Gewalt hervor.

Bei Ausmauerung der Brunnen ergab sich, dafs Mauerwerk in reinem Cementmörtel (1 Theil Cement, 3 Theile Sand) zum Schliefsen der Quellen weniger geeignet, als solches in Kalkcementmörtel (1 Theil Cement, 1 Theil Kalk und 5 Theile Sand) sei, indem der fette Kalk, welcher die Cementtheilchen überall umhüllt, sich umgemein widerstandsfähig gegen die Einwirkung der Spülung zeigte. Es genügte eine Ueberdeckung durch 2 bis 3 schnell übereinander gelegte, gut eingebettete Steinschichten in einer Grundfläche von etwa einem Quadratmeter, um den Quell für immer zu beseitigen.

Die Landpfeiler sind bezüglich der Fundirung der Stirnmauern nicht gleichmäfsig behandelt worden, weil Pfeiler I mehr gefährdet ist als Pfeiler XII. Wenn in der Nähe des ersteren ein Deichbruch stattfinden sollte, so kann die heftige Strömung leicht die gesammte umschliefsende Erdschüttung nebst den Flügelbauten fortreifsen und bei dem Sturz über die nur nach und nach weichenden Massen Auskolkungen dicht neben der Stirnmauer verursachen. Hier war also eine tief reichende und mehr gesicherte Fundirung geboten. Bei Pfeiler XII dagegen, welcher bei höheren Wasserständen von allen Seiten gleichmäfsig umspült wird, sind solche Befürchtungen nicht zu hegen, es genügte daher, ihn nur gegen Unterwaschung bei etwaiger Beschädigung des Vorlandes zu schützen.

Demgemäfs erhielten beide Pfeiler eine von 26 cm starken Pfahlwänden umschlossene und mit Steinpackung allseitig umgebene Betonsohle, deren Oberkante bei $+ 0{,}_2$ m liegt, und deren Stärke bei Pfeiler I zu 3 m, bei Pfeiler XII zu 2 m bemessen ist. Aufserdem wurden bei Pfeiler I noch 86 Rostpfähle von $0{,}_3$ m mittlerem Durchmesser unter der Betonsohle eingetrieben, welchen eine Maximalbelastung von 40000 kg pro Pfahl zufällt. Der Druck auf die Grundfläche beträgt $2{,}_{51}$ kg pro qcm.

Zur Herstellung der Baugruben und Betonsohlen wurden die bereits beschriebenen Vertical-Handbagger bezw. Betonapparate verwendet. Der Beton erhielt bei Pfeiler XII dieselbe Zusammensetzung wie bei den Strom- und Kämpenpfeilern, von der schon früher erwähnt ist, dafs sie eine bedeutende Schlammbildung begünstigte. Nachdem bei der Ausmauerung der Kämpenpfeiler der Kalkcementmörtel sich als besonders widerstandsfähig gegen das Ausspülen gezeigt hatte, wurde auch bei der Betonirung des Pfeilers I eine, aus 12 Theilen Granitsteinschlag, 6 Theilen Sand, $1{,}_5$ Theilen Cement und $0{,}_{75}$ Theilen Kalk bestehende Mischung verwendet. Dieselbe gab in der That erheblich weniger Schlamm ab, bedurfte auch keiner merkbar längeren Zeit zur Erhärtung als die mit reinem Cementmörtel zusammengesetzte Masse.

Die Fundamente der Stirnmauern sowohl als der Unterbauten der Wärter- und Blockhäuser sind aus Feldsteinen mit Kalkcementmörtel ausgeführt. Ueber die Zusammenfügung dieser verschiedenen Bautheile geben die den Pfeiler XII darstellenden Zeichnungen auf Blatt 36 genügenden Aufschlufs.

V. Der Pfeiler-Aufbau und Ausführung des Mauerwerks.

Sämmtlichen Mittelpfeilern wurde in Höhe der Unterkante der Auflagersteine (+ $9_{,02}$ m) eine Breite von $5_{,5}$ m und eine Länge von $20_{,15}$ m gegeben. Die durch Kreisbögen mit den Flanken verbundenen Spitzen bilden Winkel von 120°. Mit allseitiger Dossirung von 3 cm pro Meter verstärkt sich die Pfeilermasse allmälig, und zwar bei den Strompfeilern bis zur Ord. + $1_{,8}$ m, von wo ab durch 4 vortretende Sockelschichten eine unterste Sohlenbreite von $7_{,13}$ m erzielt wird, bei den Kämpenpfeilern bis zur Oberkante des Brunnenmauerwerks (Ord. + $0_{,2}$ m). Bei letzteren sind jedoch, damit die Last sich gleichmäfsiger auf die 3 Brunnen vertheilt, die Vorköpfe von Ord. + $1_{,85}$ m ab stark vorgezogen worden.

Oberhalb der Auflagersteine erheben sich an beiden Pfeilerenden niedrige Aufbauten, von denen der stromaufwärts gelegene den Zweck hat, die Lagerstühle der Eisenconstruction gegen das an dem Mauerwerk mitunter sich hoch hinaufschiebende Eis zu schützen. Die Nothwendigkeit dieser Vorsichtsmaafsregel ergab sich schon im Frühjahr 1879, indem bei dem dermaligen Eisgange die Schollen bis zu den Abdeckplatten der Aufbauten (+ $10_{,9}$ m) emporgethürmt wurden.

Zur Ueberdeckung der Zwischenräume zwischen den Brunnen der Kämpenpfeiler dienen (cfr. Blatt 35 Fig. 1 bis 3) theils $0_{,2}$ m starke Granitplatten, theils Bogen aus Ziegelsteinen. Letztere bilden bei jedem Pfeiler 12 isolirte Ringe von 2 Stein Breite und $1_{,8}$ m bezw. $2_{,6}$ m und $3_{,6}$ m Spannweite. Soweit die Oberfläche des Brunnenmauerwerks aufserhalb des Pfeiler-Aufbaues liegt, erhält sie ihren Abschlufs durch eine abgewässerte Ziegelrollschicht.

Die Mittelpfeiler sind aus einem Kern von Ziegelsteinen in Kalkcementmörtel (1 Theil Kalk, 1 Theil Cement, 5 Theile Sand) mit einer Verblendung hergestellt, welche bei den Strompfeilern durchweg aus Granit, bei den Kämpenpfeilern nur in den Vorköpfen und in der Abdeckung aus solchem, in den Seitenflächen aber aus klinkerartigen Ziegeln besteht. Sämmtliche Werksteine waren aus Schweden, die Abdeckplatten aus Sachsen bezogen. Zum Versetzen der Granitsteine wurde reiner Cementmörtel benutzt. Von der Verwendung sogenannter Durchbindeschichten, wie solche bei der Thorner und Tilsiter Brücke bestehen, wurde hier Abstand genommen, da bei der Vorzüglichkeit des Mörtels, der schon nach kurzer Zeit vollständig abgebunden hatte, ein ungleichmäfsiges Setzen des verschiedenartigen Mauerwerks nicht zu befürchten stand, und auch in der That nicht eintrat. Beide Mörtelsorten erlangten einen so hohen Grad von Festigkeit, dafs es nicht möglich ist, einen Stein von dem andern zu trennen, ohne dafs er selbst zerstört wird.

In der Werkstein-Verblendung wechseln (abgesehen von den Sockeln der Strompfeiler) die Läufer und Binder schichtenweise, erstere $0_{,465}$ m = 5 Ziegelschichten hoch und $0_{,47}$ m tief, letztere $0_{,305}$ m = 4 Ziegelschichten hoch und $0_{,78}$ m tief. Die Ziegelverblendung der Kämpenpfeiler ist im Kopfverbande ausgeführt in der Weise, dafs immer Lagen von ganzen und von halben Steinen auf einander folgen. Obgleich die Auflagersteine, von denen je zwei unter jedem Lager mit den bedeutenden Abmessungen von je $1_{,90}$ m Länge, $1_{,271}$ m Breite und $0_{,60}$ m Höhe sich befinden, erschien es doch nothwendig, eine bessere Druckvertheilung auf das Kernmauerwerk noch dadurch herbeizuführen, dafs unter ihnen in der ganzen Stärke des Pfeilers eine Schicht von $0_{,3}$ m starken, etwas über 1 qm grofsen Granitplatten verlegt wurde, wie im Längenschnitt und Grundrifs auf Bl. 33 ersichtlich ist. Die gleiche Maafsregel kam bei den Landpfeilern zur Anwendung. Auf den in Fig. 6 auf Blatt 33 dargestellten, zur Aufmauerung der Strompfeiler dienenden Rüstungen war zum Emporheben der Werksteine, des Mörtels etc. auf dem Seitengerüst ein doppelter Drehkrahn errichtet, dessen einfache Construction dem Thorner Brückenbau entlehnt und im Jahrgang XXVI der Zeitschrift für Bauwesen, Blatt 18, ausführlicher dargestellt ist. Er wurde durch Winden von 600 kg Tragfähigkeit bedient und konnte die schwersten Verblendsteine, deren Gewicht nicht über 1000 kg betrug, in die Höhe befördern. Das Versetzen der Steine geschah aus freier Hand. Zum Aufbringen der ca. 3850 kg schweren Auflagersteine genügte der Krahn aber nicht. Für diese wurde ein besonderer, auf einer Schienenbahn beweglicher Aufzug (cfr. Blatt 33 Fig. 1, 2 und 3) auf dem Strompfeiler errichtet, nachdem die Gerüste beseitigt waren. Mit zwei Winden von 600 kg Tragfähigkeit (deren jede eines der beiden Tauenden aufwickelte) und einem vierscheibigen Block ausgerüstet, hob derselbe die Steine meistens direct aus den Kähnen heraus, in welchen sie auf der Baustelle anlangten. Bei den Kämpenpfeilern und ebenso bei den Landpfeilern wurden zu gleichem Zweck starke, 1 : 4 ansteigende Gerüste mit Schienenbahn hergestellt und die, die Auflagersteine tragenden Arbeitswagen mittelst Winden bis zur Höhe des Lagers hinaufgezogen. Im Uebrigen erfolgte die Aufmauerung der Kämpenpfeiler ohne alle Rüstungen, indem die leichteren Materialien auf Bohlenrampen hinauf gefördert wurden. Nur für die Hebung der Werksteine war ein einfacher, unten in einer Pfanne ruhender, oben durch Kopftaue gehaltener Drehkrahn errichtet, wie solcher im Jahrgang XXVI der Zeitschrift für Bauwesen auf Blatt 19 dargestellt ist.

Die beiden Landpfeiler unterscheiden sich im Aufbaue nur dadurch von einander, dafs die Blockhäuser des Pfeilers I eine gröfsere Länge haben als die Wärterhäuser des Pfeilers XII,. dessen Formen aus den Zeichnungen auf Blatt 36 ersichtlich sind. Wie bereits erwähnt, bestand die Absicht, die Stirnmauern von den übrigen Constructionstheilen zu trennen. Dies ist nicht nur bezüglich der Fundamente geschehen, sondern soweit als angänglich auch in dem Aufbau. Denn die Uebermauerung der zwischen den Fundamenten gespannten beiden Gewölbe hat nur bis zu dem bei Ord. + $5_{,034}$ m liegenden Absatz Verband mit der Stirnmauer. Weiter oberhalb zieht sich an der Hinterfläche der letzteren, wie aus den Figuren 4 und 7 ersichtlich, eine senkrechte Fuge durch, welche nur in der Ansicht des Pfeilers durch die Verblendziegel auf 1 Stein bezw. $^1/_2$ Stein, und oben durch die Granitdeckplatten geschlossen ist.

Zu dem aufgehenden Mauerwerk der beiden Landpfeiler sind in den unter der Erde befindlichen Theilen Feldsteine, in den darüber liegenden Ziegelsteine mit Kalkcementmörtel verwendet. Dieser wurde für die Stirnmauern aus 1 Theil Kalk, 1 Theil Cement und 5 Theilen Sand, für das übrige Mauerwerk aus 2 Theilen Kalk, 1 Theil Cement und 7 Theilen Sand bereitet. Die Verblendung besteht aus klinkerartigen im Kopfverbande zusammengefügten Ziegeln. Nur die den Stöfsen der Eisschollen ausgesetzten Ecken und die oberen Flächen sind mit Granit eingefafst bezw. abgedeckt. Das den oberen Abschlufs des Pfeilers bildende Granitgesims zieht sich als Gurt durch die Blockhäuser und Wärterhäuser hindurch.

VI. Die Schifffahrts-Anlagen.

Seitens der Strombau-Verwaltung war verlangt worden, dafs die für das Befestigen der Fahrzeuge und für das Legen und Einsetzen der Maste bei Pfeiler XI herzustellenden Einrichtungen den Betrieb der Schifffahrt bei allen Wasserständen zwischen — $0,_7$ m (— $0,_5$ m bei der Baustelle) und + $4,_{80}$ m (+ $5,_0$ m bei der Baustelle) gestatteten. Das für diesen Zweck ausgeführte, auf Blatt 32 und im Zusammenhange mit der Mastenkrahn-Anlage (Bl. 37) dargestellte Uferdeckwerk liegt mit der oberen Kante $1,_{25}$ m vor der Flucht des Pfeilers XI, um einen durchlaufenden Treidelsteg zu gewähren. Es mufste ihm vor den Krahnen und zwischen denselben auf 110 m Länge die Böschung 1 : 1 gegeben werden, weil jene sonst wegen der bedeutenden Höhendifferenz von $5,_5$ m zwischen den äufsersten schiffbaren Wasserständen eine übermäfsige Ausladung erhalten hätten, die schon bei dieser Annahme auf $12,_5$ m bemessen ist.

Aufserhalb der Krahne geht die Böschung allmälig unter gleichzeitiger Senkung der Krone in 1 : 2 über, welche Steigung auch den beiderseits anschliefsenden, von der Strombau-Verwaltung ausgeführten Uferschutzwerken gegeben wird. Die gesammte Länge des Deckwerks beträgt 212 m.

Der Fufs des letzteren ist, nachdem dort eine Rinne bis — $3,_0$ m ausgebaggert war, durch eine starke Steinpackung gegen Unterspülung gesichert. Diese erschien aber noch nicht genügend, um bei etwa eintretenden erheblichen Vertiefungen der Flufssohle die stärker als 1 : 2 geböschten Theile zu schützen; daher wurde vor diesen innerhalb der Steinpackung ein Pfahlwerk gerammt, dessen unter dem niedrigsten Wasserstande liegende Verholmung durch einen Taucher angebracht werden mufste.

Die Böschungen sind durchweg mit Feldsteinabdeckung versehen, welche vor den Krahnen wegen der von diesen verursachten Erschütterungen auf $0,_{75}$ m bemessen, im Uebrigen $0,_3$ m stark auf einer ebenso starken Schüttung von grobem gesiebtem Kies hergestellt ist. Alle Räume zwischen den Steinen wurden mit Concretmasse vergossen, die sichtbaren Fugen mit Cementmörtel verstrichen.

Die Mastenkrahne. Wie auf Bl. 32 u. 37 in den allgemeinen Umrissen dargestellt, weichen die hier errichteten Mastenkrahne von den bei der Weichselbrücke zu Thorn ausgeführten (cfr. Jahrgang XXVI der Zeitschrift für Bauwesen, Bl. 20) nur bezüglich der Auslage der Krahnsäulen und darin ab, dafs sie nicht mit einer maschinellen Treidelvorrichtung versehen sind.

Schwierigkeiten für den Betrieb haben sich hieraus in keiner Beziehung ergeben. Ihre Schienenbahnen, welche auf kleinen Steinsockeln ruhen und durch Umpflasterung gegen Verdrückungen durch die Stöfse der Eisschollen geschützt sind, fallen vom Uferdeckwerk (Ord. + $5,_0$ m) her mit 1 : 20 bis zur Höhe des Vorlandes + $4,_{25}$ m, und ersteigen dann mit 1 : 20 bezw. 1 : 5 die bei Pfeiler XII auf + $9,_7$ m angeschütteten Ueberwinterungs-Plateaus.

Wenngleich jene Senkung es nothwendig macht, dafs die Krahne zum Zweck der Aufstellung auf dem Uferdeckwerk bei Beginn der Schifffahrts-Periode nöthigenfalls durch $0,_{75}$ m tiefes Wasser gezogen werden müssen, so wurden doch von der Horizontalführung und der damit bedingten Herstellung eines $0,_{75}$ m hohen Dammes durch das Vorland noch gröfsere Nachtheile befürchtet.

Behufs Bewegung der Krahne vom Uferdeckwerk nach den Plateaus und zurück sind in Mitten der Schienenbahn, je 16 m von einander entfernt, kurze starke Ketten in schweren Mauerblöcken verankert, und von den Plateaus herunter bis zum Fufse der 1 : 5 geneigten Ebene Gliederketten verlegt, an denen nach und nach die Windevorrichtung befestigt wird.

Vor jedem Mastenkrahn liegt ein $2,_6$ m breites, 30 m langes Flofs, um das directe Anstofsen der unter Wasser liegenden Theile der Schiffe gegen die Steinböschung des Uferdeckwerks zu verhüten. Es besteht aus 7 Balken von 26/26 cm Stärke, welche mit Zwischenräumen von 13 cm gestreckt und in je 2 m Entfernung durch quer über genagelte Bohlen und zwischen gelegte Klötze verbunden sind.

Die gröfste Leistung der Krahne in einem Tage (von 5 Uhr Morgens bis 8 Uhr Abends) war bisher die Beförderung von 42 stromaufwärts gehenden Fahrzeugen. Dieselbe hätte jedoch leicht noch erheblich gesteigert werden können, wenn die Schiffer nicht häufig ihr Takelwerk mangelhaft vorbereiteten und dadurch unnützen Aufenthalt verursachten.

Bei stromab gehenden Fahrzeugen würde die Zahl wegen der leichteren Bewegung von einem Krahn zum andern ebenfalls eine gröfsere sein, doch treffen die Fahrzeuge nach dieser Richtung hin, da ihre Fahrt nicht von der Windrichtung abhängig ist, immer nur vereinzelt ein. Von den zum Festlegen der Fahrzeuge dienenden sieben Ankerbojen ist eine auf Blatt 37 dargestellt.

Ihre Lage im Strom ergiebt sich aus dem Situationsplan auf Blatt 31. Sie sind für einen horizontalen Zug von 1055 kg unter der Annahme berechnet, dafs bei dessen Einwirkung die 13 mm starke Ankerkette an ihrem Verbindungspunkt mit dem Schwimmer einen Winkel von arc. tg = $^1/_4$ bildet. Der erforderliche Auftrieb berechnete sich zu 534 kg. Da aber der Schwimmer niemals tiefer eintauchen darf, als bis der zum Befestigen der Schiffstaue bestimmte Ring die Wasserfläche berührt, so stellte sich bei der gewählten Form ein körperlicher Inhalt von fast genau 1 cbm als nothwendig heraus, wovon mithin etwas weniger als die Hälfte stets über Wasser bleibt.

Der Schwimmer ist mit einer Länge von $1,_8$ m und einem gröfsten äufseren Durchmesser von $1,_1$ m aus zwei abgestumpften Kegeln und zwei Kugelcalotten zusammengefügt, zu deren Herstellung 5 mm starkes Eisenblech verwendet wurde. Damit dieser Körper sich nicht unter dem Zuge der Schiffsgefäfse deformirt, sind die beiden Endringe durch je 3 Zugstangen von 13 mm Stärke mit dem, aus zwei Winkeleisen (39 × 39) $6,_5$ mm zusammengesetzten Stofsringe der

beiden Kegel versteift. Zur Verbindung der Bleche dienen 10 mm starke Niete; aufserdem sind alle Fugen verstemmt, und haben sich nach längerem Gebrauche keine Undichtigkeiten gezeigt. Um aber etwa eindringendes Wasser leicht entfernen zu können, befindet sich nahe dem Stofsringe ein Wasserauslafs, bestehend aus einer, in einen Verstärkungsring eingesetzten und mit gefettetem Leder gedichteten Bronzeschraube von 46 mm Durchmesser. Innen und aufsen hat der Schwimmer einen dreifachen Mennigeanstrich erhalten, einschliefslich dessen er 300 kg wiegt. Bei Annahme der Sohlentiefe des Flusses zu $-3{,}_0$ m bezw. $-4{,}_0$ m ergab sich die Länge der Kette zu 44 m, bezw. $60{,}_5$ m; sie ist dementsprechend aus zwei Theilen zusammengesetzt, welche je nach Erfordern benutzt werden, um eine übermäfsige Entfernung des Schwimmers von dem Anker zu vermeiden. Letzterer wurde 75 kg schwer mit 2 Flunken hergestellt und mit einem gufseisernen Gewicht von 101 kg belastet, da nach der Berechnung am Ende der 44 m langen Kette noch eine Verticalkraft von 165 kg vorhanden ist. Dieser Anker erwies sich aber nicht ausreichend, um dem Zuge der Schiffsgefäfse zu widerstehen, es wurde daher noch ein zweiter von 60 kg Gewicht hinzugefügt, mit dessen Hilfe die Bojen einen so festen Stand erlangten, dafs sie bei lebhaftem Verkehr 2 auch 3 beladene Fahrzeuge zu tragen im Stande sind.

(Schlufs folgt.)

Hydrotechnische Untersuchungen zur Regulirung des Przemsaflusses.

(Mit Zeichnungen auf Blatt F und G im Text.)

A. Bericht über die im Frühjahr 1876 ausgeführten Wassermessungen des Przemsaflusses.

1. Vorbemerkungen.

Die Przemsa bildet nach Aufnahme der Brinica und der weifsen Przemsa von Stupna ab einen schiffbaren Wasserlauf und zugleich die nasse Grenze zwischen Oesterreich und Preufsen. Die fortdauernden Veränderungen, welchen der sich selbst überlassene Flufs auf der genannten Strecke in seinem bereits sehr verwilderten Zustande unterworfen war, hatten den Regierungen beider Staaten seit lange den Wunsch nahe gelegt, eine umfassende Regulirung dieser Flufsstrecke vorzunehmen, um die beiderseitigen Thalgründe vor weiterer Zerstörung zu schützen, sowie einer Verdunkelung und Veränderung der Landesgrenze vorzubeugen. Ganz besonderes Interesse nahm aufserdem die Erhaltung und Verbesserung der Schifffahrt in Anspruch, welche bei hinreichendem Wasserstande von den anliegenden Kohlengruben ab lebhaft betrieben wird, von wo zahlreiche Ladungen stromabwärts gehen.

Die scharfen Krümmungen und Serpentinen, sowie die vorherrschende übermäfsig grofse Breite des Flufsbettes, verbunden mit der grofsen von dem Flufs mitgeführten Menge von Triebsand, gefährden und erschweren den Schifffahrtsbetrieb in aufserordentlicher Weise und gestatten im günstigsten Falle nur geringe Ladungen, welche zu der vom Flufs geführten Wassermenge in keinem Verhältnisse stehen.

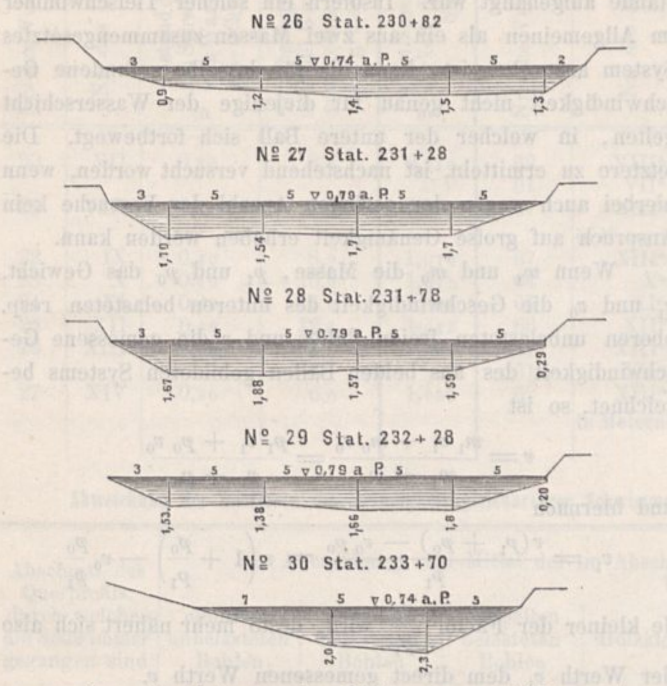
Es wurde daher von den Regierungen der beiden betheiligten Staaten eine gemeinschaftlich vorzunehmende Regulirung der Przemsa in der ganzen Länge der beiderseitigen Landesgrenze beschlossen und hierfür in der Verhandlung vom 19. October 1871 eine Einschränkung der Flufsbreite auf 50 m festgesetzt. Unter Annahme dieser Breite ist die Regulirung der unteren Flufsstrecke von Kl. Chelm (preussisch) resp. Chelmek (österreichisch) bis kurz vor der Mündung in die Weichsel in einer Länge von rot. 6400 m in den Jahren 1872 bis 1873 zur Ausführung gebracht worden (cfr. Situation auf Bl. F). Die Regulirung der unterhalb anschliefsenden Strecke bis zur Einmündung in die Weichsel ist durch den im Jahre 1874 ausgeführten Durchstich bei Czarnuchowitz eingeleitet, welcher gegenwärtig in einer Breite von 17 bis 25 m ausgebildet ist.

Bei verschiedenen Bereisungen und Verhandlungen, welche in den Jahren 1872 bis 1874 seitens der Commissare beider Staaten stattfanden, wurde jedoch bereits anerkannt, dafs die gewählte Normalbreite von 50 m noch zu grofs und auf 36 m bis 30 m einzuschränken sei, um die auch bei der auf 50 m Breite regulirten Strecke noch beobachteten Serpentinirungen und Sandbänke zu beseitigen. Wie in der zwischen den Commissarien beider Staaten gepflogenen Verhandlung vom 19. December 1874 hervorgehoben, ist bei der Bereisung am 10. August 1874, an welchem Tage der Wasserstand am Pegel zu Klein-Chelm (Chelmek) $0{,}_{50}$ m betrug, constatirt worden, dafs ausreichende Fahrtiefe nur in regelmäfsig ausgebildeten Strecken mit 30 bis 32 m Breite vorhanden war.

Um für die Festsetzung der Normalbreite, welche der weiteren Regulirung des Flusses zu Grunde zu legen wäre, einen sicheren Anhalt zu gewinnen, wurde bei der am 13. October 1874 von dem Königl. Preufs. Geh. Ober-Baurath Herrn Schönfelder in Gemeinschaft mit den Herren Regierungsrath Berring und Kreis-Baumeister Sell unternommenen Bereisung der Przemsa laut Protocoll vom gleichen Datum die Vornahme einer Messung der Wassermenge als äufserst wünschenswerth und der Durchstich bei Czarnuchowitz als eine hierfür günstige Stelle bezeichnet. Nachdem seitens der K. Regierung zu Oppeln im Frühjahr dieses Jahres die erforderlichen Einleitungen und Vorkehrungen getroffen waren, wurde österreichischerseits der K. K. Ober-Ingenieur Matula, sowie preufsischerseits der K. Kreis-Baumeister Sell und der K. Land-Baumeister Demnitz mit der gemeinschaftlichen Vornahme dieser Messungen beauftragt, welche nach Eintritt besseren Wetters und eines mittleren und wenig wechselnden Wasserstandes in der Zeit vom 30. Mai bis 3. Juni 1876 bei durchschnittlich günstiger Witterung vorgenommen worden sind. Die ausführlichen und beachtenswerthen Mittheilungen von Grebenau über die Rheinmessung bei Basel dienten hierbei im Allgemeinen als Vorbild, doch gestatteten die kleineren Verhältnisse bei der vorliegenden Messung wesentliche Vereinfachungen.

2. Beschaffenheit des Flufsbettes an der Messungsstelle.

Die Messungsstelle, welche im Durchstich bei Czarnuchowitz angenommen wurde, ist, wie aus der Situation auf Blatt G und den beistehenden Querprofilen Nr. 26 — 30



zu ersehen, in fast gerader Richtung ausgebildet und von hohen Ufern eingeschlossen, welche die Messungsoperationen begünstigten. Das in Lehmboden eingeschnittene Flufsbett ist jedoch in den Streichlinien nicht regelmäfsig gestaltet, wodurch das Wasser an vielen Uferstellen aus seinem geraden Laufe nach der Flufsmitte abgelenkt wird. Der obere aus Sand bestehende Theil der Ufer blieb während der Messungen wasserfrei. Der am Anfang (bei Profil Nr. 26) im Wasserspiegel 25 m breite Durchstich verengt sich nach unten bis auf 17 m (im Profil Nr. 30). Aus dieser Strecke wurde zu den Messungen der regelmäfsigste Theil ausgesucht, welcher zwischen den im gleichmäfsigen Abstande von 100 m abgesteckten Profilen A (Nr. 27) und C (Nr. 29) gelegen ist. Diese Querprofile zeigen ebenso wie das in der Mitte beider gemessene Profil B (Nr. 28) eine gleiche Wasserspiegelbreite von 23 m.

Der aufserordentlich feine Triebsand, welchen, wie Eingangs erwähnt, der Flufs mit sich führt, verändert selbst im Durchstich trotz der bedeutend geringeren Breite die Gestaltung des Flufsbettes unaufhörlich und in erheblicher Weise. Die Sandwellen sind in Folge ihrer geringen Widerstandsfähigkeit in einer schnellen Wanderung begriffen, und zeigt sich dies über den ganzen Wasserspiegel an den in rascher Folge sich wiederholenden und fortschreitenden Wirbelbildungen. Daher ergaben sich auch an gleichen Stellen des Querprofiles B (Nr. 28) bei den zu verschiedenen Zeiten vorgenommenen Peilungen von einander sehr abweichende (auf gleichen Wasserstand reducirte) Wassertiefen.

3. Wasserstand und Nivellement des Wasserspiegels.

Der Wasserstand während der Messungen ist als ein günstiger zu bezeichnen, da er an der Messungsstelle nicht erheblich wechselte und fast genau dem mittleren Jahreswasserstande entsprach. Zur Beobachtung desselben waren am rechten Ufer zwei interimistische Pegel, der eine, Oberpegel (O. P.) genannt, vom Anfang des Durchstiches 117 m oberhalb Profil B, der andere, Unterpegel (U. P.), an der Mündung in die Weichsel 210 m unterhalb Profil B aufgestellt. Aufserdem wurde der feste Pegel an der den preufsischen Ort Kl. Chelm mit dem österreichischen Ort Chelmek verbindenden Brücke, welcher in diesem Bericht als Chelmeker Pegel bezeichnet wird, gleichzeitig beobachtet.

Zur Feststellung des Längengefälles vom Wasserspiegel wurden vom Kreis-Baumeister Sell im Ganzen 5 Nivellements, und zwar zwei am 30. Mai, also vor Anfang der Geschwindigkeitsmessungen, zwei am 31. Mai zur Zeit der Schwimmmessungen und das letzte am 3. Juni nach Beendigung der mit dem Woltman'schen Flügel vorgenommenen Messungen, mittelst eines grofsen Breithaupt'schen Nivellir-Instruments ausgeführt. Die Resultate dieser Nivellements sind im Längenprofil auf Blatt G dargestellt. Die Wasserspiegelhöhen sind am rechten Ufer gemessen, bei den Nivellements vom 31. Mai und 3. Juni in den Profilen A, B und C jedoch auch am linken Ufer.

Wie bei dem fast geraden Lauf und der geringen Breite dieser Flufsstrecke erklärlich, zeigt das Nivellement an den gegenüberliegenden Punkten nur geringe Höhenunterschiede des Wasserspiegels, welche nachstehend zusammen gestellt sind.

Im Profil	ist der Wasserspiegel am rechten Ufer gegen denjenigen am linken Ufer nach Nivellement					
	Nr. III		Nr. IV		Nr. V	
	höher m	tiefer m	höher m	tiefer m	höher m	tiefer m
A	0,002	—	0,006	—	—	—
B	0,006	—	0,008	—	—	0,005
C	0,000	—	—	0,010	0,005	—

Der in Profil A und B um 2 bis 8 mm höhere Wasserstand am rechten Ufer zeigt bereits den Einflufs der daselbst vorhandenen schwachen Concavität, in Profil C zeigt sich dagegen eine geringe Veränderlichkeit der Wasserspiegelhöhen an den gegenüberliegenden Punkten.

Das mittlere relative Gefälle des Wasserspiegels beträgt nach dem Nivellement

	Nr. I	Nr. II	Nr. III	Nr. IV	Nr. V	
bei einem Wasserstande am Pegel zu Chelmek von	0,84	0,84	0,78	0,78	0,74	Meter
„ „ „ „ Ober-Pegel von	0,90	0,90	0,88	0,88	0,76	Meter
„ „ „ „ Unter-Pegel von	0,97	0,97	0,995	0,995	0,81	Meter
auf der 327 m langen Strecke vom Ober- bis Unter-Pegel	0,000443	0,000443	0,000306	0,000306	0,000505	am rechten Ufer
„ „ 100 m „ „ vom Profil A bis Profil B. .	0,000650	0,000500	0,000520	0,000460	0,000450	desgl.
„ „ 100 m „ „ „ „ „ „ „. .	—	—	0,000500	0,000300	—	am linken Ufer

4. Messung mit den Schwimmern.

a. Allgemeines.

Am 31. Mai wurden die 68 Messungen mit Schwimmern zwischen den Querprofilen A und C bei sehr günstigem Wetter ausgeführt. Während der ersten 41 Versuche wehte ein sehr schwacher Wind stromaufwärts, sodann trat Windstille ein.

Auch der Wasserstand war hierbei günstig, da sich derselbe in der Przemsa nur wenig, nämlich am Pegel zu Chelmek von $0,_{79}$ auf $0,_{78}$ m, am Ober-Pegel von $0,_{88}$ auf $0,_{86}$ m änderte.

Die Schwimmer wurden von dem für die Messungen mit dem Woltman'schen Flügel construirten Schiff aus abgelassen, welches ca. 50 m oberhalb des Profiles A ankerte und nach Bedarf seitlich verlegt wurde. Die Durchgangspunkte der Schwimmer in den Profilen A, B und C wurden von dem Kreis-Baumeister Sell und dem Land-Baumeister Demnitz vom Ufer resp. vom oberhalb ankernden Schiff aus an den über den Flufs gespannten Peilleinen direct beobachtet, welche in leicht erkennbarer Weise in Meter eingetheilt waren.

Der Durchgang der Schwimmer durch das Anfangs- und Endprofil wurde von den Buhnenmeistern Ossig und Weniger beobachtet und dem in der Mitte der Strecke befindlichen Ober-Ingenieur Matula, welcher die Beobachtungszeit notirte, durch Zeichen und Zuruf markirt.

b. Weg der Schwimmer.

Die wenigsten Schwimmer haben einen den Ufern parallelen Lauf genommen, und die übrigen sind in verschiedenem Grade und nach verschiedener Richtung abgelenkt worden, was sich vorzugsweise aus den am Wasserspiegel zahlreich auftauchenden Wirbeln erklären läfst, die auf die Schwimmer Einflufs ausgeübt haben.

c. Arten von Schwimmern.

Form und Material der Schwimmer war verschieden gewählt; es wurden verwendet:

1) Bretter und Bohlen, $2,_5$ bis 5 cm stark, 15 bis 21 cm im Quadrat grofs. — Dieselben wurden theils unbelastet abgelassen, theils an der unteren Fläche durch eine angeschraubte Eisenplatte derart beschwert, dafs sie in die Wasserfläche voll eintauchten. Eine gleiche Belastung erhielten die im Verzeichnifs als Doppelbohlen aufgeführten Schwimmer, welche aus zwei derartigen 5 cm starken Bohlen mittelst des die Eisenplatte festhaltenden Bolzens zusammengeschraubt waren.

2) Holzklötze, cylindrisch, 15 cm lang und von eben solchem Durchmesser,

3) cylindrische Stäbe (Cabeo'scher Stab), 6 bis 10 cm stark, 45 bis 47 cm lang, an der Basis durch eine Eisenplatte beschwert,

4) Bälle von Gummi, 5 bis 12 cm im Durchmesser. Dieselben wurden zum Theil mit Eisenringen belastet, bis sie in die Wasserfläche voll eintauchten. — Aufserdem wurden bei einigen Versuchen auch Gummibälle in gröfserer Tiefe abgelassen, um eine Vergleichung der daselbst vorhandenen Geschwindigkeit mit derjenigen im Wasserspiegel anstellen zu können.

d. Tiefschwimmer im Vergleich zu den Wasserspiegelschwimmern.

Die Tiefschwimmer wurden aus einem belasteten Ball gebildet, welcher mittelst einer Schnur an einem leichten auf der Oberfläche schwimmenden Ball in bestimmtem Abstande aufgehängt war. Insofern ein solcher Tiefschwimmer im Allgemeinen als ein aus zwei Massen zusammengesetztes System anzusehen ist, kann die für dasselbe gefundene Geschwindigkeit nicht genau für diejenige der Wasserschicht gelten, in welcher der untere Ball sich fortbewegt. Die letztere zu ermitteln, ist nachstehend versucht worden, wenn hierbei auch wegen der geringen Anzahl der Versuche kein Anspruch auf grofse Genauigkeit erhoben werden kann.

Wenn m_1 und m_0 die Masse, p_1 und p_0 das Gewicht, v_1 und v_0 die Geschwindigkeit des unteren belasteten resp. oberen unbelasteten freien Balles und v die gemessene Geschwindigkeit des aus beiden Bällen gebildeten Systems bezeichnet, so ist

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_0 v_0}{m_1 + m_0} = \frac{p_1 v_1 + p_0 v_0}{p_1 + p_0}$$

und hiernach

$$v_1 = \frac{v(p_1 + p_0) - v_0 p_0}{p_1} = v\left(1 + \frac{p_0}{p_1}\right) - v_0 \frac{p_0}{p_1}.$$

Je kleiner der Factor $\frac{p_0}{p_1}$ wird, desto mehr nähert sich also der Werth v_1 dem direct gemessenen Werth v.

Da bei den vorliegenden Messungen die Geschwindigkeiten v und v_0 nicht sehr von einander verschieden sind und der Factor $\frac{p_0}{p_1}$ in den Grenzen zwischen $0,_{23}$ und $0,_{28}$ liegt, so können auch die Werthe v und v_1 nicht sehr von einander differiren.

Um v_1 nach obiger Formel zu ermitteln, müfste noch die Geschwindigkeit v_0 des freischwimmenden oberen Balles gemessen sein. Dies ist bei den Versuchen angestrebt, jedoch nur annähernd erreicht worden, da die hiezu frei abgelassenen oberen Schwimmer den Weg des vorher abgelassenen zugehörigen Tiefschwimmers nicht immer genau innegehalten haben.

Der Versuch Nr. 19 mufste unberücksichtigt bleiben, da das zum ersteren gehörige p_0 nicht ermittelt ist. Bei den übrigen Versuchen Nr. 20 bis 27 sind für v_0 theils die Geschwindigkeiten der oberen Schwimmer des eigenen Systems, theils diejenigen eines andern Systems eingesetzt worden. Letzteres erscheint zulässig, da die Gewichte p_0 der oberen Bälle nur wenig von einander abweichen.

Die hieraus sich ergebenden Resultate sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Diese Schwimmversuche ergeben daher, dafs mit Ausnahme der Versuche Nr. 20/62 und Nr. 25/66 die Geschwindigkeit am Wasserspiegel etwas kleiner als in gröfserer Tiefe gewesen ist.

e. Vergleichung der verschiedenen Schwimmerarten in Bezug auf ihre Geschwindigkeit.

Um den Einflufs der Wahl des Materials zu untersuchen, ist die zweite Tabelle auf folgender Seite aufgestellt.

Es sind hier diejenigen Schwimmer in einer Gruppe zusammengefafst, welche einen Abschnitt des Messungsprofils B (cfr. Blatt G) durchschwommen haben. Die Vergleichung der Schwimmerarten ergiebt, dafs die belasteten, ein-

Schwimmersystem, bestehend aus einem oberen unbelasteten und einem belasteten tiefschwimmenden Balle					Oberer Ball freischwimmend								
Nr. des Versuches	Nr. des Balles	Abstand d. unteren Schwimmers vom Wasserspiegel-Schwimmer m	Durchgangspunkt in Profil B in Meter vom rechten Ufer ab gemessen	v gemessene Geschwindigkeit des Systems pro Secunde in m	Nr. des Versuches	Nr. des Balles	Durchgangspunkt in Profil B in Metern vom rechten Ufer ab gemessen	v_0 gemessene Geschwindigkeit pro Secunde in m	p_0 Gewicht des oberen Balles kg	p_1 Gewicht des unteren Balles kg	$\frac{p_0}{p_1}$	v_1 berechnete Geschwindigkeit des unteren Balles pro Secunde in m	$v_1 - v_0$
20	VII	0,20	3,0	0,910	62	VIII[a]	3,5	1,021	0,063	0,245	0,257	0,881	−0,140
					61	VII[a]	4,0	1,021					
21	VIII	0,20	6,0	1,042	67	XIII[a]	8,0	0,954	0,062	0,248	0,250	1,056	−0,068
						in Metern=	6,0	0,988					
22	IX	0,40	8,0	1,076	67	XIII[a]	8,0	0,954	0,057	0,243	0,235	1,105	0,151
23	X	0,40	16,0	1,075	64	X[a]	15,0	1,042	0,052	0,232	0,224	1,082	0,040
24	XI	0,60	14,0	1,088	65	XI[a]	14,0	1.065	0,054	0,236	0,229	1,093	0,028
25	XII	0,60	12,5	1,042	66	XII[a]	13,0	1,064	0,064	0,263	0,243	1,037	−0,027
26	XIII	0,80	8,0	1,065	67	XIII[a]	8,0	0,954	0,061	0,262	0,233	1,091	0,137
					61	VII[a]	4,0	1,021					
27	XIV	0,80	6,0	1,032	67	XIII[a]	8,0	0,954	0,068	0,241	0,282	1,044	0,056
						in Metern=	6,0	0,988					

Abweichung der mittleren Geschwindigkeit gleichartiger Schwimmer von der mittleren Geschwindigkeit aller Schwimmer des Profilabschnittes.

Abschnitt des Querprofils, durch welchen die Schwimmer gegangen sind	Die Abweichung vom Mittel der im Abschnitt gefundenen Geschwindigkeiten der Wasserspiegel-Schwimmer beträgt in Metern bei den								
	einfachen unbelasteten Bohlen	einfachen belasteten Bohlen	doppelten belasteten Bohlen	Holzklötzen	Cabeoschen Stäben	einfachen unbelasteten Bällen	einfachen belasteten Bällen	Bällen mit Tiefschwimmern unter dem Wasserspiegel prpr. 20—40 cm	Bällen mit Tiefschwimmern unter dem Wasserspiegel prpr. 60—80 cm
I	—	—	—	—	—	—	—	−0,034	—
II	—	−0,003	+0,065	—	—	−0,005	−0,043	—	—
III	—	+0,005	+0,006	—	—	—	−0,006	−0,017	−0,027
IV	−0,013	+0,029	+0,030	—	—	−0,025	−0,023	+0,057	+0,052
V	−0,019	+0,006	+0,005	—	−0,020	+0,037	—	—	—
VI	−0,021	+0,012	+0,053	−0,037	−0,047	−0,015	—	—	−0,037
VII	—	—	+0,008	+0,045	—	−0,026	—	—	+0,008
VIII	0,000	—	—	+0,025	—	−0,062	—	−0,063	—
Abweichung im Mittel	−0,013	+0,010	+0,028	+0,011	−0,034	−0,016	−0,024	−0,014	−0,001

fachen und doppelten Bohlen, sowie die Holzklötze die gröfste positive Abweichuug vom Mittel der im Abschnitt beobachteten Geschwindigkeiten zeigen, also schneller geschwommen sind, als die leichten Bohlenstücke und die Bälle, welche eine negative Abweichung aufweisen. Diese Erscheinung läfst sich wohl dadurch erklären, dafs die schweren Schwimmer

1) eine gröfsere lebendige Kraft aufnehmen, infolge welcher sie den Wasserfäden voraneilen,
2) eine gröfsere Eintauchung haben, also die Geschwindigkeit einer tieferen Wasserschicht angeben, welche nach den obigen, aus den Versuchen mit den Tiefschwimmern gezogenen Resultaten gröfser zu sein scheint, als im Wasserspiegel.

Bei den Bällen hingegen ist ein Einflufs der verschiedenen Belastung nicht erkennbar, denn obgleich die Tabelle eine durchschnittlich langsamere Bewegung der belasteten Bälle anzeigt, so sind doch die Resultate bei der geringen Anzahl der zu Grunde liegenden Versuche von einander zu abweichend, um einen hinreichend sicheren Schlufs zuzulassen.

5. Messungen mit dem Woltman'schen Flügel.

Die Messungen mit dem Woltman'schen Flügel wurden in Profil B (Profil 28) in der Zeit vom 1. bis einschliefslich 3. Juni 1876 bei im Allgemeinen günstigem Wetter und geringem Wechsel des Wasserstandes vorgenommen. Letzterer fiel während dieser Zeit am Chelmeker Pegel von $0,_{76}$ m auf $0,_{74}$ m, am Ober-Pegel der Beobachtungsstelle von $0,_{82}$ m auf $0,_{75}$ m. Der bedeutender wechselnde Wasserstand am Unterpegel, der von der Weichsel abhängig ist, übte auf die Messungen keinen Einflufs, da, wie das Nivellement Blatt G zeigt, der Unterschied im relativen Gefälle der unteren Strecke von Profil C bis zur Weichsel auf die obere Strecke keine Rückwirkung haben kann.

Die Messungen wurden von dem Kreis-Baumeister Sell und Land-Baumeister Demnitz unter Assistenz des Buhnenmeisters Ossig, welcher das Instrument einstellte, ausgeführt. Die Ablesungen am Instrument wurden zweimal vorgenommen. Der benutzte, von Ertel und Sohn in München angefertigte Woltman'sche Flügel hat im Allgemeinen die von Grebenau in dem Werke „Rheinmessung bei Basel" beschriebene Construction, jedoch in kleineren Dimensionen und ohne die vordere keilförmige Schutzplatte. Das Flügelrad hat 4 nach einer Schraubenfläche geformte Schaufeln, deren Durchmesser $11,_5$ cm beträgt.

Bei dem Mangel eines Schutzes vor dem Rade hatten sich in den oberen Wasserschichten bis 40 cm Tiefe zeitweise theils feine Wurzelfasern um die Schaufeln oder Welle gewickelt, theils kleine Weidenblättchen an die Schaufeln gelegt, doch ist bei diesen Versuchen im Allgemeinen ein abweichendes Resultat gegen die übrigen, bei welchen der

Apparat von treibenden Körpern frei blieb, nicht zu erkennen gewesen, und nur in einzelnen Fällen haben schwimmende Körper in gröfserer Menge sich angesetzt und ein abweichendes Resultat veranlafst.

Trotz aller bei den Messungen beobachteten Sorgfalt haben sich für die Geschwindigkeit des Wassers an einem und demselben Punkte sehr abweichende Resultate, besonders in gröfseren Tiefen von 40 cm abwärts ergeben. Diese Erscheinung mufs nach den gemachten Erfahrungen verschiedenen Ursachen zugeschrieben werden.

Die grofse Menge sehr feinen Triebsandes, welchen der Flufs mit sich führt und sich auf der Flufssohle wellenförmig ablagert, verursacht bei seinem Fortschreiten eine wirbelnde Bewegung des Wassers. Diese stört die gleichmäfsige Bewegung und verändert die Geschwindigkeit des Wassers. Aufserdem setzt sich der Triebsand in die Räder und verlangsamt deren Bewegung. Endlich ist beobachtet worden, dafs der Apparat in einzelnen Fällen seine Thätigkeit versagt, indem die scharfen Zähne der beiden Zählräder beim Einrücken in die Schraubenspindel sich derart festhaken, dafs die Bewegung während der ganzen oder theilweisen Dauer der Beobachtung aufgehoben ist.

Das unter Abrechnung der am Ufer stillstehenden Wasserstreifen 22 m breite Profil wurde in 10 Abschnitte getheilt, wovon die beiden äufseren 3 m, die übrigen 2 m Breite haben. In den äufseren wurden die Messungen in der Verticalen von 2 m resp. 20 m Abstand vom rechten Ufer, also dem ungefähren Schwerpunkt des Profilabschnittes, bei den übrigen jedesmal in der mittleren Verticalen vorgenommen. In jeder Verticalen erfolgten die Messungen in Abständen von 20 cm, aufserdem noch in 8 cm Tiefe unter dem Wasserspiegel. Letztere ist für die Berechnung der Geschwindigkeit im Wasserspiegel benutzt worden. Bei Berechnung der mittleren Geschwindigkeit in einem Profilpunkte sind, wie aus obiger Tabelle zu ersehen, alle diejenigen auffallend abweichenden Resultate ausgeschaltet worden, welche eine aus den obenerwähnten Ursachen abzuleitende augenscheinliche Unrichtigkeit zeigen. Die aus der wirbelnden Bewegung zu erklärenden kleineren Ergebnisse sind jedoch beibehalten worden, weil diese im Profil überall vorkommen und einen Factor zur Bestimmung der Wassermenge abgaben. Die anfängliche Absicht, jede Beobachtung auf 5 Minuten auszudehnen, ist in den ersten 4 Profil-Abschnitten durchgeführt worden. Bei den grofsen Verschiedenheiten der Resultate, welche eine mehr als viermalige Wiederholung der Beobachtungen an einem Punkte nothwendig machten, die in der Zeit von 3 Tagen nicht hätten bewältigt werden können, in Anbetracht des täglich fallenden Wasserstandes, welcher eine möglichste Beschleunigung der Messungen bedingte, sowie bei der Erfahrung, dafs ein längeres Verbleiben des Instrumentes besonders in gröfseren Tiefen durch den sich festsetzenden Triebsand eine Verlangsamung der Bewegung zu Folge hat, wurde indefs später die Beobachtungszeit auf durchschnittlich 1 bis 2 Minuten verkürzt. Infolge dessen variirt die Zeit einer Beobachtung von $^1/_2$ bis 5, ausnahmsweise auch 6 Minuten und die Anzahl der Beobachtungen an einem Punkte zwischen 3 und 10, je nachdem dies die gewonnenen Resultate zur möglichst genauen Feststellung erforderten.

Zuerst wurden die Messungen vom Wasserspiegel abwärts begonnen; es erschien aber später rathsam, das umgekehrte Verfahren einzuschlagen und in der Tiefe anzufangen, da durch den Stand des Schiffes und die Bewegung des Flügels anscheinend eine Veränderung des leicht beweglichen Flufsbettes verursacht wurde.

Wie grofs dieselbe gewesen ist, zeigt Querprofil B auf Blatt G, woselbst die Peilung am 31. Mai mit schwacher, die Peilung zur Zeit der jedesmaligen Geschwindigkeitsmessung im betreffenden Profil-Abschnitt mit starker Linie eingetragen ist.

Das für die Messungen benutzte Schiff war nach dem Vorbilde der Basel'er Rheinmessung von Grebenau aus zwei gekuppelten Kähnen construirt und ermöglichte noch, die Flügelstange auf dem zwischen beiden Kähnen vorgebauten Bock bis in 2 m Abstand vom Ufer einzustellen. Die Zeitmessung erfolgte bei den ersten 111 Versuchen durch eine gewöhnliche Taschenuhr mit Secundenzeiger, später mit einer Arretirungssecunden-Uhr, welche die Beobachtungen sehr erleichterte.

6. Horizontalcurven der Wasserspiegel-Geschwindigkeiten.

Die Horizontalcurven der Wasserspiegel-Geschwindigkeiten sind auf Blatt G in *A — A* und *B — B* dargestellt, wobei die Profilbreiten als Abscissen, die Geschwindigkeiten als Ordinaten aufgetragen sind. Darunter befindet sich das entsprechende Querprofil.

a. Herleitung aus den Schwimmermessungen bei 0,79 m Chelmeker und 0,88 m Ober-Pegel.

Da die Wahl der Wasserspiegelschwimmer auf das Resultat ohne erheblichen Einflufs gewesen ist, so sind mit Ausschlufs der Tiefschwimmer (Versuch Nr. 20 bis 27) alle Beobachtungen zur Construction der Wasserspiegel-Geschwindigkeitscurve benutzt worden. Zur Darstellung der letzteren wurden zunächst die Schwerpunkte der aus 2 bis 8 Schwimmern gebildeten Gruppen ermittelt, welche auf Blatt G durch Kreise markirt sind und mit Berücksichtigung ihrer Werthe der hiernach construirten Curve möglichst nahe liegen.

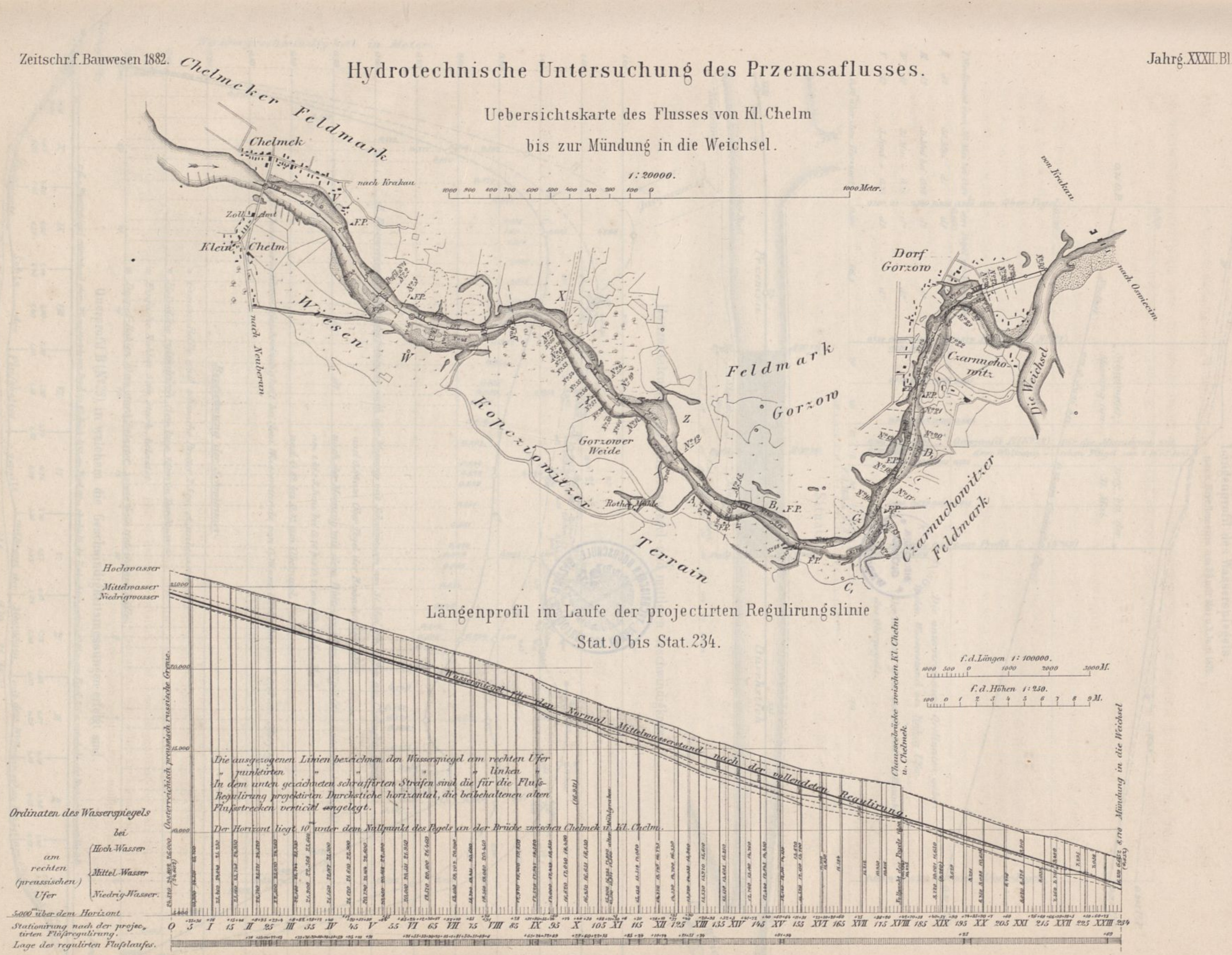
b. Herleitung aus den Flügelmessungen bei 0,76 m bis 0,74 m Chelmeker und 0,82 bis 0,75 m Ober-Pegel.

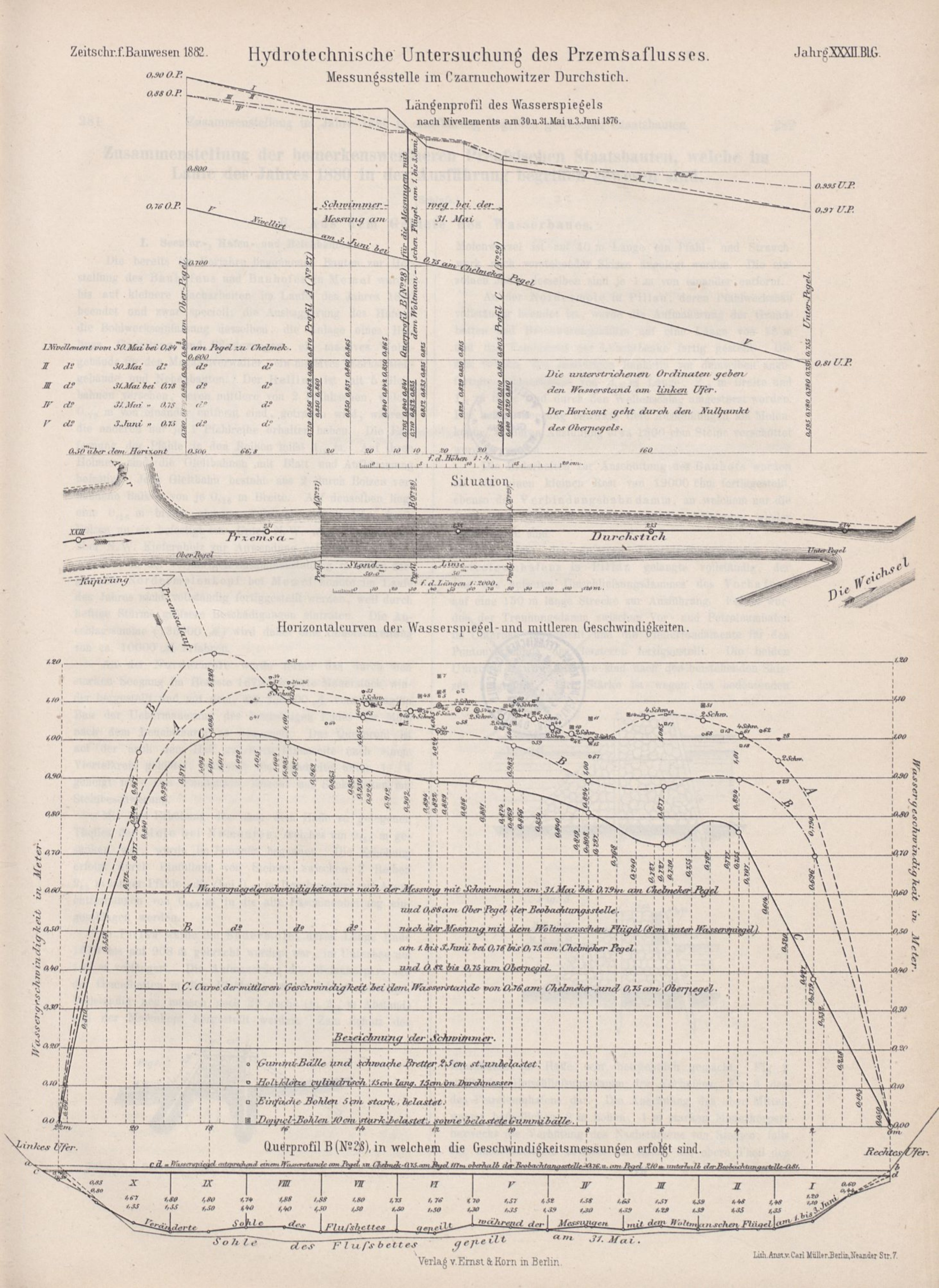
Zur Darstellung der Wasserspiegel-Geschwindigkeitscurve *B — B* aus den Flügelmessungen wurden, wie bereits erwähnt, die Resultate aus den Beobachtungen in 8 cm Tiefe unter dem Wasserspiegel benutzt. Die hieraus gefundenen mittleren Geschwindigkeiten jedes Abschnitts sind durch eine stetige Linie verbunden.

Während man im Allgemeinen annimmt, dafs bei einem regelmäfsig ausgebildeten symmetrischen Flufsprofil die Wasserspiegel-Geschwindigkeit sich durch eine Parabel darstellt, deren Scheitel in der gröfsten Flufstiefe liegt, zeigt sich bei Beobachtung der qu. Curven *A — A* und *B — B*, dafs diese nicht so regelmäfsig gebildet sind, vielmehr aus 3 Armen von parabelähnlichen Linien zusammengesetzt erscheinen, welche in einander übergehen. Die 3 Maxima der Curven entsprechen gleich vielen stärkeren Strömungen, welche im Flufsbette vorhanden sind und sich aus dem Zustande des noch nicht vollständig regelmäfsig ausgebildeten Profiles im Durchstiche erklären. Eine Vergleichung beider Curven zeigt ferner, dafs diese Strömungen nicht gleich geblieben sind, sondern sich in Stärke und Lage verändert haben.

(Schlufs folgt.)

Hydrotechnische Untersuchung des Przemsaflusses.




Zeitschr.f.Bauwesen 1882.
Hydrotechnische Untersuchung des Przemsaflusses.
Jahrg.XXXII.Bl.G.
Messungsstelle im Czarnuchowitzer Durchstich.
Längenprofil des Wasserspiegels
nach Nivellements am 30.u.31.Mai u.3.Juni 1876.
0,90 O.P.
0,88 O.P.
0,76 O.P.
0,995 U.P.
0,97 U.P.
0,81 U.P.
Schwimmer-Messung am 31. Mai
weg bei der
Nivellire am 3. Juni bei
0,75 am Chelmeker Pegel
Ober-Pegel
Profil A (N°27)
Querprofil B (N°28) für die Messungen mit dem Woltman-schen Flügel am 1. bis 3. Juni
Profil C (N°29)
Unter-Pegel
I. Nivellement vom 30. Mai bei 0,84 am Pegel zu Chelmek.
II d° 30. Mai d° d°
III d° 31. Mai bei 0,78 d° d°
IV d° 31. Mai " 0,75 d° d°
V d° 3. Juni " 0,75 d° d°
Die unterstrichenen Ordinaten geben den Wasserstand am linken Ufer.
Der Horizont geht durch den Nullpunkt des Oberpegels.
0,50 über dem Horizont
f. d. Höhen 1:4.
Situation
Przemsa-
Durchstich
Ober Pegel
Unter Pegel
Stand-Linie
f. d. Längen 1:2000.
Die Weichsel
Horizontalcurven der Wasserspiegel- und mittleren Geschwindigkeiten.
Wassergeschwindigkeit in Meter.
A. Wasserspiegelgeschwindigkeitscurve nach der Messung mit Schwimmern am 31. Mai bei 0,79 m am Chelmeker Pegel
und 0,88 am Ober Pegel der Beobachtungsstelle.
B. d° d° d° nach der Messung mit dem Woltmanschen Flügel (8 cm unter Wasserspiegel).
am 1. bis 3. Juni bei 0,76 bis 0,75 am Chelmeker Pegel
und 0,82 bis 0,75 am Oberpegel.
C. Curve der mittleren Geschwindigkeit bei dem Wasserstande von 0,76 am Chelmeker und 0,75 am Oberpegel.
Bezeichnung der Schwimmer.
Gummi-Bälle und schwache Bretter 2,5 cm st. unbelastet.
Holzklötze cylindrisch 15 cm lang, 15 cm im Durchmesser
Einfache Bohlen 5 cm stark, belastet.
Doppel-Bohlen 10 cm stark, belastet, sowie belastete Gummibälle.
Querprofil B (N°28), in welchem die Geschwindigkeitsmessungen erfolgt sind.
Linkes Ufer.
Rechtes Ufer.
Veränderte Sohle des Flußbettes gepeilt während der Messungen mit dem Woltmanschen Flügel am 1. bis 3. Juni
Sohle des Flußbettes gepeilt am 31. Mai.
Verlag v. Ernst & Korn in Berlin.
Lith. Anst. v. Carl Müller. Berlin, Neander Str. 7.

Zusammenstellung der bemerkenswertheren Preufsischen Staatsbauten, welche im Laufe des Jahres 1880 in der Ausführung begriffen gewesen sind.

(Schlufs.)

B. Aus dem Gebiete des Wasserbaues.

I. Seeufer-, Hafen- und Deichbauten.

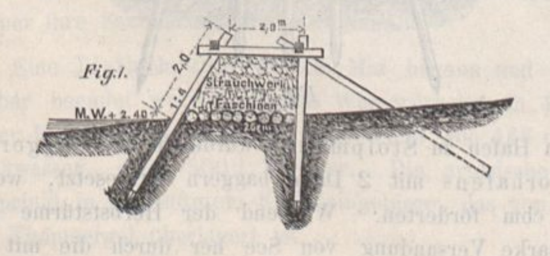
Die bereits im Vorjahre begonnenen Bauten zur Herstellung des Bauhafens und Bauhofes in Memel wurden bis auf kleinere Nacharbeiten im Laufe des Jahres 1880 beendet und zwar speciell: die Ausbaggerung des Hafens, die Bohlwerkseinfassung desselben, die Anlage eines Hellings, Gasleitung und Pflasterungen, ein massives Wohngebäude für den Magazinverwalter, ein massives Werkstättengebäude und Nebenbauten. Der Helling ist mit 5 Gleitbahnen versehen, deren mittlere von 2 Pfahlreihen, welche $0{,}_{78}$ m von einander entfernt sind, getragen wird, während die anderen nur je 1 Pfahlreihe erhalten haben. Die Entfernung der Pfähle in den Reihen mifst $1{,}_{6}$ m. Auf ihren Holmen sind die Gleitbahnen mit Blatt und Aufkämmung befestigt. Jede Gleitbahn besteht aus 2 durch Bolzen verbundene Balken von je $0{,}_{36}$ m Breite. Auf denselben liegt eine $0{,}_{16}$ m breite eichene Führungslatte, welche durch Bolzen an sie befestigt ist. Unter N. W. wurde Buchenholz, über N. W. Kiefernholz zur Anwendung gebracht.

Der in der vorjährigen Zusammenstellung in Skizze dargestellte Nordermolenkopf bei Memel konnte im Laufe des Jahres nicht vollständig fertiggestellt werden, weil durch heftige Stürme gröfsere Beschädigungen eintraten. Die Anschlagssumme (135000 *M*.) wird daher eine Ueberschreitung von ca. 10000 *M*. erfahren.

An der Nordermole wurde ferner das durch den starken Seegang im Herbste 1879 zerstörte Mauerstück wieder hergestellt und mit dem, auf 250000 *M*. veranschlagten Bau der Uebermauerung des landseitigen Endes der Mole nach dem Leuchtthurm zu begonnen. Das Querprofil ist auf der nach dem Haff gehenden Innenseite nach einem Viertelkreis gebildet, während die Landseite unter 1 : 4 geneigt ist. Das Fundament besteht aus Senkstücken mit Steinbeschwerung.

Mit der Erhöhung des nach dem Haffe zu gelegenen Theiles der Mole bei Nemonien, welches um $0{,}_{50}$ m gesunken war, wurde im Sommer begonnen. Die Erhöhung erfolgt durch Einfüllung von Steinen zwischen 2 Reihen $2{,}_{5}$ m langer Pfähle, die (bei $0{,}_{25}$ m Durchmesser) mit Axenentfernungen von $0{,}_{50}$ m in die alte Faschinenbettung eingeschlagen werden.

In Pillau wurde die Südermole, deren Länge Ende 1879 bis auf 908 m gebracht worden war, im Unterbau um 150 m verlängert. Die Aufmauerung des Molenkörpers und der Grundbetten in dem Pfahlwerk wurde lebhaft gefördert. Vollständig neu müssen noch 29 Joche (in $2{,}_{5}$ m Abstand) und der Molenkopf hergestellt werden. Zum Schutz der

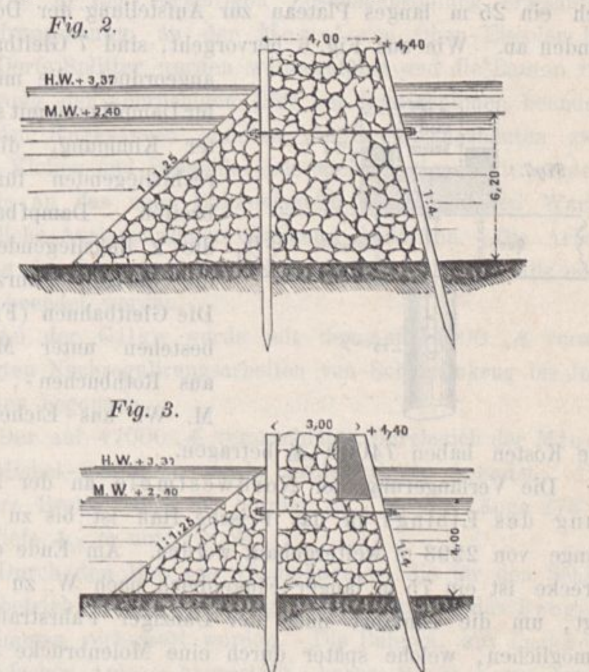


Molenwurzel ist auf 40 m Länge ein Pfahl- und Strauchwerk nach vorstehender Skizze angelegt worden. Die einzelnen Joche desselben sind je 1 m von einander entfernt.

An der Nordermole in Pillau, deren Pfahlwerksbau vollständig beendet ist, wurde die Aufmauerung der Grundbetten und Beschwerungsklötze auf eine Länge von 18 m und das Fundament der Leuchtbaake fertig gestellt. Die zum Schutze des seeseitigen Banketts vor demselben angefertigten Mauerklötze von $3{,}_{5}$ m Länge, $2{,}_{5}$ m Breite und $1{,}_{7}$ m Höhe sind durch den Wellenschlag umgestürzt worden. Der heftige Seegang bewirkte tiefe Auskolkungen am Molenkopfe, zu deren Ausfüllung etwa 1800 cbm Steine verschüttet werden mufsten.

Die Erdarbeiten zur Anschüttung des Bauhofs wurden bis auf einen kleinen Rest von 12000 cbm fertiggestellt, ebenso der Verbindungsbahndamm, an welchem nur die durch eine Sturmfluth entstandenen Beschädigungen wieder auszubessern sind.

Der Bau des äufseren Umschliefsungsdammes des Petroleumhafens in Pillau gelangte vollständig, der Bau des äufseren Umschliefsungsdammes des Vorhafens auf eine 150 m lange Strecke zur Ausführung. Ferner wurden der Trennungsdamm zwischen Vor- und Petroleumhafen im Unterbau hergestellt und die Pfeilerfundamente für den Pontonverschlufs des letzteren fertiggestellt. Die beiden Umschliefsungsdämme sind nach den beistehenden Skizzen ausgeführt. Ihre Stärke ist wegen des bedeutenden



Einschubes im Haffe sehr beträchtlich gemacht. Fig. 2 stellt den Umschliefsungsdamm des Vorhafens, Fig. 3 den des Petroleumhafens dar. Die Anordnung des über Mittelwasser befindlichen 2 m hohen, 1 m starken Mauerkörpers bezweckt die Verhütung des Nachstürzens von Steinen, falls bei ausbrechendem Brande im Hafen der obere Theil des

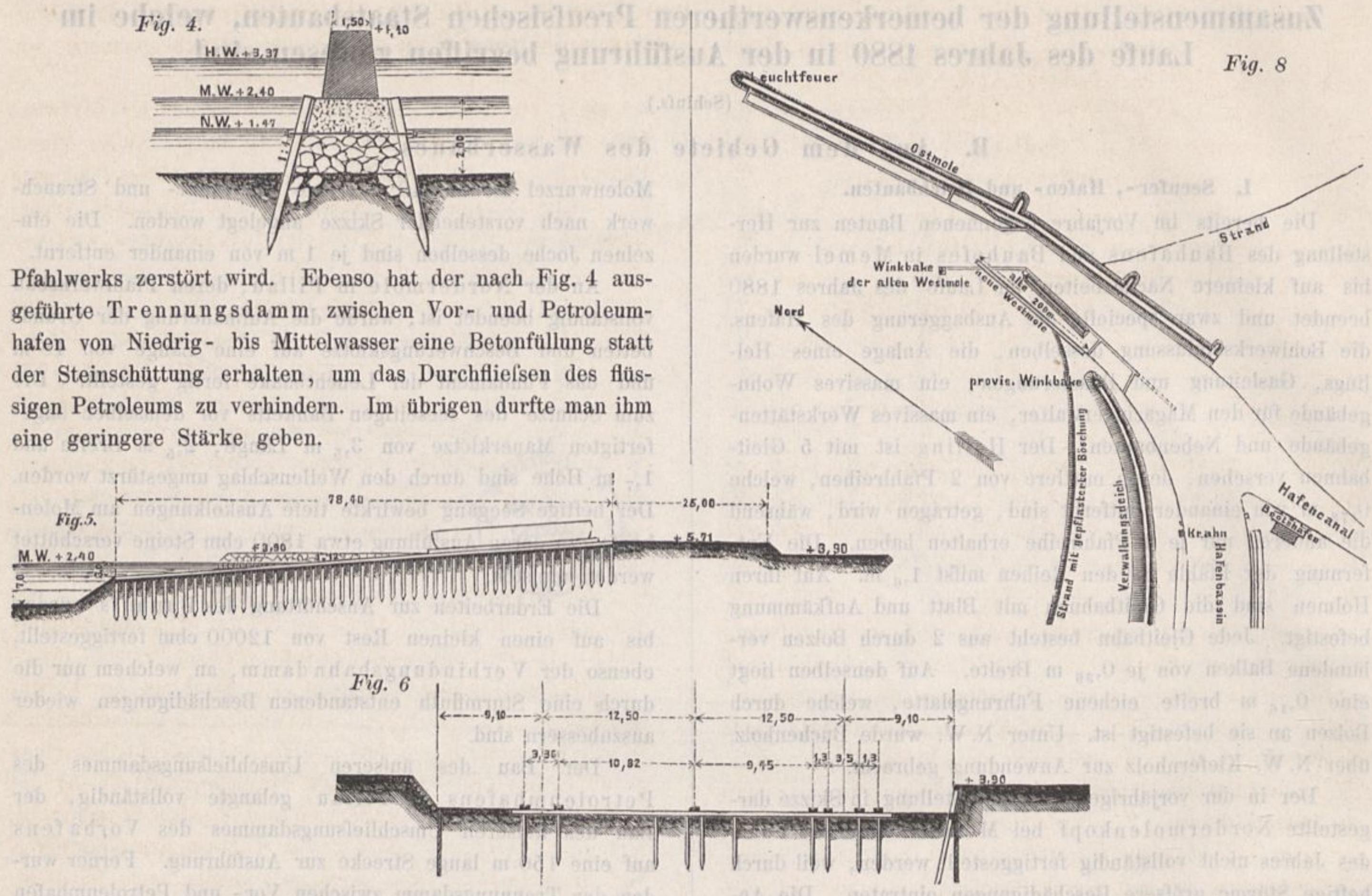


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 8.

Pfahlwerks zerstört wird. Ebenso hat der nach Fig. 4 ausgeführte Trennungsdamm zwischen Vor- und Petroleumhafen von Niedrig- bis Mittelwasser eine Betonfüllung statt der Steinschüttung erhalten, um das Durchfliefsen des flüssigen Petroleums zu verhindern. Im übrigen durfte man ihm eine geringere Stärke geben.

Ferner wurde am Bauhof zu Pillau ein für die Aufschleppung der fiscalischen Fahrzeuge bestimmter Helling angelegt. Seine Länge beträgt (nach Fig. 5) $78{,}_4$ m, nämlich über M. W. $39{,}_9$ m, unter M. W. $38{,}_5$ m. Oberhalb schliefst sich ein 25 m langes Plateau zur Aufstellung der Doppelwinden an. Wie aus Fig. 6 hervorgeht, sind 7 Gleitbahnen

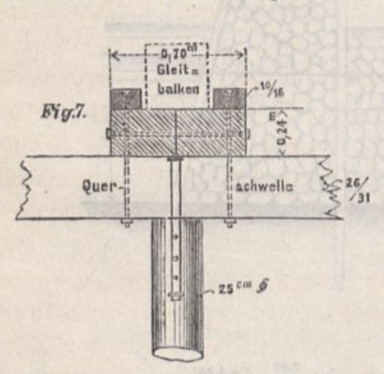


Fig. 7.

angeordnet, die mittlere für Dampfboote mit scharfer Kimmung, die 4 rechtsliegenden für die breiten Dampfbagger, die 2 linksliegenden für die übrigen Fahrzeuge. Die Gleitbahnen (Fig. 7) bestehen unter M. W. aus Rothbuchen-, über M. W. aus Eichenholz. Die Kosten haben 74000 ℳ betragen.

Die Verlängerung der Nordwestmole an der Mündung des Elbings in das Frische Haff ist bis zu einer Länge von 2293 m weitergebaut worden. Am Ende dieser Strecke ist ein 75 m langer Flügeldeich nach W. zu angelegt, um die Einfahrt nach der Danziger Fahrstrafse zu ermöglichen, welche später durch eine Molenbrücke erfolgen soll.

In Neufahrwasser wurde neben der Weiterführung der Quaimauerbauten mit dem Bau der neuen 200 m langen Westmole (Fig. 8) begonnen: zunächst die Baugrube in ganzer Länge ausgebaggert, alsdann der Unterbau auf 50 m Länge hergestellt. Die Construction der Mole ist die in den Ostseehäfen jetzt allgemein übliche Art: Herstellung des über M. W. liegenden Mauerwerks auf einer Steinschüttung, welche durch 2 mit 1 : 4 Neigung versehene, gegen einander verankerte Pfahlwände eingeschlossen wird. Die Rammarbeiten haben bei der relativ geschützten Lage der Baustelle mit dem Einschlagen von Rüstpfählen durch Prahmrammen begonnen zur Herstellung einer festen Rüstung, von welcher aus das Einrammen der Pfahlwände ausgeführt wird. Die Rüstjoche stehen in Zwischenräumen von je $2{,}_5$ m und werden durch Holme mit den Hauptpfählen der beiden Wände verbunden. An den Hauptpfählen werden Zwingen befestigt, zwischen welchen die Zwischenpfähle (je 3 in jedem Intervall) sogleich bis auf die gehörige Tiefe eingeschlagen werden. Die zur Verbindung der einzelnen Joche dienenden Langschwellen nehmen später die Steintransportbahn auf. Fig. 9 zeigt das provisorische, Fig. 10 das definitive Profil der Mole.

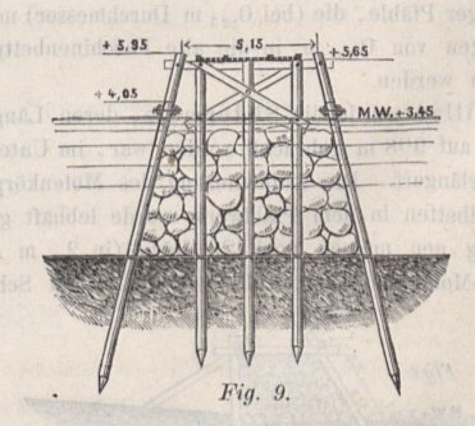


Fig. 9.

Im Hafen zu Stolpmünde wurde die Aufbaggerung des Vorhafens mit 2 Dampfbaggern fortgesetzt, welche 25680 cbm förderten. Während der Herbststürme fand eine starke Versandung von See her durch die mit den

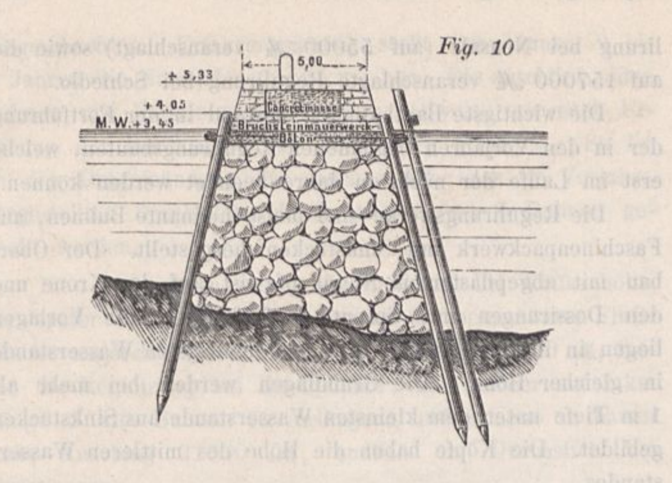


Fig. 10

Wellen in das Bassin geführten Sandmassen statt. Aufserdem gelangte die Pflasterung der westlichen Hafenquais zur Vollendung, wodurch die Arbeiten im inneren Hafen abgeschlossen sind. An der auf 12400 ℳ veranschlagten Summe wurden 2000 ℳ gespart.

In Rügenwaldermünde machte sich im Herbste die Ausführung eines Seedeiches zur Sicherung der Westmolenwurzel erforderlich. Der Deich erhält 1 m Kronenbreite, $1,_5$ fache Böschung nach der Landseite, 3fache nach der Seeseite. Der Kern besteht aus kleinen Granitsteinen, die Abdeckung der Krone und der Böschungen aus gröfseren Granitblöcken. Der Fufs wird durch eine Pfahlwand gesichert. — Auch am Kopf der Westmole veranlafsten die Herbststürme Verstärkungsarbeiten, in Grunddeckungen aus Schüttsteinen bestehend. — Mit dem Unterbau des Ostmolenkopfs wurde im April begonnen. Die Rüstungsarbeiten und die Ausbaggerung der Baugrube fand während des Sommers statt, ebenso die Versetzung von 42 Betonblöcken der untersten, 11 der zweiten und 2 der dritten Lage. Der Bau ist auf 123000 ℳ veranschlagt. — Die Uebermauerung der Hafendämme wurde derart weitergeführt, dafs 240 lfd. m auf der West-, 83 m auf der Ostmole vollständig fertig, ferner 180 m auf der West-, 92 m auf der Ostmole nahezu vollendet sind. — Endlich wurde im Herbste die Gordungswand zum Schutz der Schiffe rings um den Kopf der Westmole gerammt und provisorisch durch gerade Holme verbunden, während später gekrümmte Gurtungen aus rund gewachsenen Hölzern angebracht werden sollen. Der Bau ist auf 14000 ℳ veranschlagt.

Mit den Baggerungen zur Vertiefung des Vorhafens in Rügenwaldermünde wurde fortgefahren. Seit dem Mai 1877 sind hier und im unteren Theile der Wipper 121000 cbm Baggererde gefördert worden, im oberen Theile der Wipper bis zur Einfahrt in die neuen Hafenbassins sogar 237000 cbm. Infolge einer im Frühjahre 1880 eingetretenen Versandung durch Eisgang mufste jene Einfahrt wieder frei gebaggert und stromaufwärts derselben eine breite Rinne ausgebaggert werden, in welcher später die Wipper ihre Sandmassen ablagern kann.

Eine Tiefbohrung, die im Mai begann und im November beendet wurde (mittelst Wasserdruckes in 180 mm weiter Futterröhre) ergab in einer Tiefe von 166 m gutes Trinkwasser, etwa 500 l pro Sec. Die artesische Quelle entspringt in zerklüftetem Kalksteingebirge, das von Kreide und Thonmergel überlagert ist.

Die kleine Hafenanlage bei Ziegenort (R. B. Stettin) wurde fertiggestellt. An der Anschlagssumme von 74000 ℳ sind 1100 ℳ erspart worden.

Am 20. August fand die Eröffnung der Kaiserfahrt (von der Swine zum Stettiner Haff) statt. Aufser einem Fährprahm und der Erbauung eines Aufseherhauses fehlt noch die Fertigstellung der zunächst auf 2000 m Länge veranschlagten Molen an der Haffseite. Die Erfahrung wird zeigen, ob eine geringere Länge genügt, wenn man der Einfahrtsrinne eine gröfsere Sohlenbreite, 150 m statt 75 m, giebt. Die gegenwärtige Länge der Molen beträgt 500 m.

Uferschutzbauten wurden ausgeführt: bei Funkenhagen im Reg. Bez. Cöslin, wo die Pfahlbuhnen fertig gestellt wurden. 25 Buhnen kosteten 20600 ℳ — auf der Schaabe im Reg. Bez. Stralsund, wo durch Graspflanzungen und Flechtzäune alte Dünen ergänzt und neue erzeugt werden sollen — auf Fehmarn, auf der Hamburger Hallig und an den Probsteier Salzwiesen (bei Plön) im Reg. Bez. Schleswig — auf den ostfriesischen Inseln im Reg. Bez. Aurich. Ueber letztere Bauten wird eine ausführliche Mittheilung im nächsten Hefte erfolgen.

Die Coupirungsanlagen zum Abschlufs der Nebenmündungen des Eiderstromes wurden in der seitherigen Weise weitergebaut. Ebenso ist die 50 m breite Fahrrinne in der Schlei von Schleimünde bis Schleswig, welche auf $3,_8$ m Tiefe gebaggert werden soll, noch nicht fertiggestellt.

In Harburg ist eine grofse Hafenschleuse, deren Bau im December 1875 begonnen worden war, im Jahre 1880 dem Betriebe übergeben worden. Eine ausführliche Mittheilung über dieses Bauwerk bleibt vorbehalten.

II. Strombauten.

Die in der vorjährigen Zusammenstellung erwähnten Regulirungsbauten an der Memel von Ober-Eisseln bis zum Dorfe Splitter wurden weitergeführt und die Bauten zur Sicherung der abbrüchigen Ufer bei Kassigkehmen beendet.

Am Rufsstrom konnten die Regulirungsbauten zwischen Kloken und Schneiderende nicht fertiggestellt werden, da die an das neue Buhnensystem anschliefsenden Werke erhebliche Ausbesserungen dringend bedurften. Die Arbeiten an der Stromtheilung bei Rufs konnten gleichfalls noch nicht beendet werden.

An der Gilge wurde mit den auf 54000 ℳ veranschlagten Nachregulirungsarbeiten von Schanzenkrug bis Jedwilleiten begonnen.

Der auf 47000 ℳ veranschlagte Durchstich der Minge bei Michel-Sakuthen wurde gröfstentheils beendet. Die mittlere Breite bei N.W. beträgt $43,_6$ m, die Länge 273 m, die Tiefe $1,_6$ m unter N.W.

Durch den Bau von 19 Buhnen ist die für den Schifffahrtsbetrieb höchst ungünstige Stromkrümme des Pregels bei Zimmau verbessert worden. Die Buhnen, aus Packwerk mit 1facher Anlage hergestellt, haben $2,_5$ m Kronenbreite und 2fache Anlage in den Köpfen, welche abgepflastert und durch Steinschüttungen gesichert sind.

An der Weichsel kamen folgende Regulirungsbauten zur Ausführung:

in der Kreisbauinspection Thorn 2 Coupirungen und 7 Systeme von Einschränkungswerken, auf 295000 ℳ veranschlagt, gröfstentheils beendet,

in der Wasserbauinspection Culm mehrere Systeme von Einschränkungswerken, auf 245000 ℳ. veranschlagt und bis auf die Pflasterungen fertiggestellt,

in der Wasserbauinspection Marienwerder 8 Systeme von Einschränkungs- und Uferschutzwerken, auf 67000 ℳ. veranschlagt,

im Baukreise Marienburg 2 Buhnensysteme, auf 33000 ℳ. veranschlagt, und die Erhöhung der beiden Canaldeiche bei Pieckel, auf 372000 ℳ. veranschlagt.

Aufserdem sind bedeutende Beträge für die Abpflasterung von älteren Stromregulirungswerken und andere Unterhaltungsbauten ausgegeben worden.

Durch die erwähnten Einschränkungsbauten soll die Strombreite auf 300 bis 370 m gebracht werden. Die Buhnen bestehen aus Faschinenpackwerk mit 1facher Anlage und 4 m Kronenbreite. Die Köpfe sind über Niedrigwasser 5fach, unterhalb 2fach abgeböscht, abgepflastert und durch Sinkstücke gesichert. Die Buhnen der unteren Weichsel haben über Niedrigwasser stromaufwärts 2fache, stromabwärts $^1/_2$fache, unter Niedrigwasser auf beiden Seiten 1fache Anlage. Die Köpfe sind mit einem $0,_4$ m starken Pflaster aus Sprengsteinen versehen, desgleichen die oberen Böschungen und halben Kronen auf 15 m Länge vom Kopfe an; der übrige Theil der Buhnen ist berauhwehrt.

Die Coupirungen sind aus Faschinenpackwerk mit 5 m Kronenbreite und 1fachen Seitenböschungen auf durchgehenden Sinkstückunterbettungen mit 11 m breiten Sturzbetten construirt. Jede Wurzel ist 20 m lang und 5 m breit. Die Winkel sind durch 4 m breite, 10 m lange Einschnitte mit den Ufern verbunden. Diese Anschlüsse haben Spreutlagen und die Vorderböschungen Senklagen erhalten. Die Kronenhöhe nimmt von der Mitte nach den Ufern hin um 1 m zu.

Die Schwente ist von Neuteich bis Tiegenhof auf 13 km Länge schiffbar gemacht worden, und zwar durch Geradlegung der am meisten gekrümmten Strecken mittelst Durchstiche und Vertiefung durch Baggerungen. Das Profil hat 6 m Sohlenbreite und 2fache Böschungsanlage bis Mittelwasser ($1,_{70}$ m über der Sohle), darüber $1^1/_2$fache Anlage.

Die Przemsa-Correction wurde von Stat. 34 stromaufwärts bis Stat. 35 weitergeführt. Zum Bau sind gelangt 2 Durchstiche, 2 Uferabgrabungen, 3 Coupirungen und 7 Parallelwerke. Hierfür wurden 66000 ℳ. ausgegeben.

Die im Mai 1879 dem Betriebe übergebene canalisirte Brahe hat im Jahre 1880 noch zu einigen Nacharbeiten von geringerem Umfange Veranlassung gegeben.

An der Oder wurden im Laufe des Jahres 1880 folgende bereits in den Vorjahren begonnene Regulirungsstreken beendet:

die Regulirung oberhalb Rattwitz (auf 52000 ℳ. veranschlagt), die Regulirung von der Kgl. Strachate bis zur Bischofswalder Grenze (auf 87000 ℳ. veranschlagt), die Regulirung des linken Ufers an der Bürgerwerderschleuse in Breslau (auf 13000 ℳ. veranschlagt), die Regulirung oberhalb der Obra-Mündung (auf 100000 ℳ.) veranschlagt), sowie die Herstellung eines Durchstichs der Krummen Reglitz bei Gartz, auf 28600 ℳ. veranschlagt.

Neu begonnen wurde nur die Regulirung von der Dzieschowitzer Fähre bis zur Neifsemündung (auf 50000 ℳ. veranschlagt), ferner von der Landesgrenze bis zur Dzieschowitzer Fähre (auf 20000 ℳ. veranschlagt), und die Regulirung bei Neusalz (auf 55000 ℳ. veranschlagt) sowie die auf 157000 ℳ. veranschlagte Regulirung bei Schiedlo.

Die wichtigste Bauthätigkeit bestand in der Fortführung der in den Vorjahren begonnenen Regulirungsbauten, welche erst im Laufe der nächsten Jahre beendet werden können.

Die Regulirungswerke sind meist inclinante Buhnen, aus Faschinenpackwerk mit Sinkstücken hergestellt. Der Oberbau mit abgepflastertem Steinkopfe ist auf der Krone und den Dossirungen mit Spreutlage befestigt. Die Vorlagen liegen in ihrer Oberfläche mit dem niedrigsten Wasserstande in gleicher Höhe. Die Grundlagen werden bei mehr als 1 m Tiefe unter dem kleinsten Wasserstande aus Sinkstücken gebildet. Die Köpfe haben die Höhe des mittleren Wasserstandes.

Die Normalbreiten betragen oberhalb Breslau 83 m zwischen den Köpfen, 53 m zwischen den Vorlagen, an der Obramündung 110 m, bzw. 65 m, bei Crofsen 135 m, bzw. 80 m, bei Ratzdorf 150 m, bzw. 90 m, bei Cüstrin 188 m, bzw. 132 m.

An der Warthe wurden folgende bereits in den Vorjahren begonnene Regulirungsstrecken beendet:

die Regulirung bei Dembno, aus 1 Durchstich von 725 m Länge und 17 Buhnen bestehend (auf 33000 ℳ. veranschlagt), die Regulirung der Dreiirademühle, aus 1 Durchstich von 330 m Länge, 30 Buhnen und 1 Parallelwerk bestehend (auf 31500 ℳ. veranschlagt), der auf 10000 ℳ. veranschlagte, 242 m lange Durchstich bei Sowiniec, die Regulirung von Obersitzko bis Wronka, aus 7 neuen Buhnen und 69 Buhnenverlängerungen bestehend (auf 20000 ℳ. veranschlagt) und die auf 32000 ℳ. veranschlagte Regulirung bei Schnellewarthe.

Neu begonnen wurden:

die Regulirung bei Kragkowo, 54 neue Buhnen (Anschlag 37200 ℳ.), die Regulirung bei Rogalinek, 58 neue Buhnen (Anschlag 39600 ℳ.), die Regulirung bei Niwka, 45 neue Buhnen (Anschlag 35000 ℳ.), die Regulirung bei Stobnica, 25 neue Buhnen und 24 Buhnenverlängerungen (Anschlag 18100 ℳ.), die Regulirung von der Borkower Deichecke bis zur alten Netzemündung, ($3,_9$ km Länge, Anschlag 174000 ℳ.), die Regulirung unterhalb Fichtwerder, 64 neue Buhnen ($3,_5$ km Länge, Anschlag 162000 ℳ.) und der auf 15000 ℳ. veranschlagte Umbau des Fährdammes bei Fichtwerder.

Die Buhnen werden aus Packwerk auf Sinkstücken hergestellt und durch Grundlagen gegen Auskolkungen vor den Köpfen gesichert. Die Normalbreite des regulirten Flufslaufs beträgt im oberen Theile 58 bis 60 m zwischen den Buhnenköpfen.

Die Arbeiten zur Schiffbarmachung der oberen Netze sind im Laufe des Jahres erheblich gefördert worden. Eine Beschreibung der Canalisirung in eingehender Weise soll demnächst an anderer Stelle mitgetheilt werden. — Der Durchstich bei Walkowitz, 1879 begonnen, hat bereits die Schifffahrt aufgenommen, ebenso einer der beiden Durchstiche bei Filehne und 4 Durchstiche bei Czarnikau. Diese Begradigungen haben den Zweck, die allzu scharfen Krümmungen des Flufslaufes, deren Radien theilweise nur 35 bis 40 m betragen, abzuschneiden und durch flache Curven von 600 m bis 1250 m Radius zu ersetzen. Die Durchstiche werden mit 10 m Sohlenbreite und 1fachen Böschungen

ausgeschachtet. Erfahrungsmäfsig stellt sich binnen 2 bis 3 Jahren die Normalbreite, 35 m, her. Die anschliefsenden Buhnen und Parallelwerke können theilweise erst nach Eröffnung der Durchstiche zur Ausführung gelangen. So ist an der Dragemündung das concave Ufer des im Vorjahre hergestellten Durchstichs durch Anlage von 5 Buhnen gedeckt worden.

Neu begonnen wurde ein Durchstich bei Weifsenhöhe, der später mit 4 Parallelwerken an die benachbarte Flufsstrecke angeschlossen werden soll, Anschlag 27000 ℳ, ferner die Regulirung bei Zweigershof, bei welcher auf 1 km Länge 5 alte Buhnen zu verlängern und 9 neue zu bauen sind, Anschlag 21000 ℳ, endlich ein Durchstich bei Christiansaue.

Die Buhnen werden mit 2 m Kronenbreite aus Packwerk auf Sinkstückunterlage hergestellt. Die Sinkstücke liegen mit ihrer Oberkante 1 m unter N. W. Die Buhnenköpfe erhalten 4 fache Anlage.

An der Elbe wurden im Laufe des Jahres 1880 folgende in den Vorjahren begonnene Regulirungsbauten beendet:

die Regulirung von Belgern bis Pülswerda (80000 ℳ), die Normalisirung von Schönebeck bis Westerhüsen (87000 ℳ), der Buhnenumbau am Parchauer Ufer (28000 ℳ), der Fährdamm bei Tangermünde (13000 ℳ), die Buhnen bei Rühstedt (35000 ℳ), die Normalisirung von Hinzdorf bis zum Wittenbergeschen Hafen (36000 ℳ), ferner die Buhnenbauten bei Lenzen, am Barnitzer und am Strackauer Werder, am Bitterschen Vorlande, bei Bleckede, Bohnenburg, Hitzacker, Rassau, Tiesmesland, Drethem, Schutschur, Konau, Over und Wilhelmsburg, ferner die Anlage einer grofsen Zahl von Grundschwellen vor älteren Buhnen und von Normalisirungsbauten.

Neu begonnen wurde:

der Winterschutzhafen bei Mühlberg (Anschlag 75000 ℳ), die Regulirungswerke (Buhnen, Grundschwellen und Uferdeckwerke) zwischen Plotha und Belgern (28000 ℳ), von Pülswerda bis unterhalb Torgau (114000 ℳ), bei Elster (209000 ℳ), am Püsteritzer Holze (114000 ℳ), am Bartelswerder (32000 ℳ), bei Barby (26000 ℳ), bei Cumlose (74000 ℳ), bei Jagel (21000 ℳ), am Kuhsandwerder (48000 ℳ), bei Bohnenburg (47000 ℳ), bei Wufsegel (25000 ℳ), bei Klein-Kühren (40000 ℳ). an der Darchauer Fähre (70000 ℳ), am Heisterbusch (58000 ℳ) und bei Sandkrug (28000 ℳ), ferner die Herstellung eines Liegeplatzes in Magdeburg für die fiscalischen Fahrzeuge, sowie Nachcorrections- und Normalisirungsarbeiten in grofsem Umfange.

An der Saale wurden im Laufe des Jahres 1880 beendet:

ein Durchstich bei der Wörmlitzer Spitze (69000 ℳ), die Regulirungsbauten bei Rofsbach (18000 ℳ), Schöneburg (38000 ℳ) und Eulau (24000 ℳ), ferner das Buhnensystem bei der Grofs-Rosenburger Fähre (57000 ℳ), sowie die Deckwerke bei Gottesgnaden (11300 ℳ) und Klein-Rosenburg (59000 ℳ).

In Angriff genommen wurden:

die Buhnen bei Wörmlitz (19500 ℳ), bei der Oeblitzer Schleuse (13500 ℳ), eine Coupirung bei Leifslingen (12000 ℳ). sowie die Regulirungs- und Deckwerke bei Dürrenberg (24000 ℳ) und oberhalb Röfsen (36000 ℳ).

An der Unstrut wurden die Deckwerke zwischen Freyburg und der Mündung weitergebaut.

An der Havel wurden die Regulirungsbauten (Einschränkungs- und Deckwerke) bei Jederitz (126000 ℳ) und Parey (85000 ℳ) beendet. Mit dem Bau des Durchstichs bei Warnow (60000 ℳ), des Durchstichs bei Bahnitz (68000 ℳ), der Durchstiche bei Roskow (34200 ℳ), Saaringen (47000 ℳ) und oberhalb Brandenburg (39000 ℳ), mit den Einschränkungsbauten neben diesen Durchstichen und den Einschränkungsbauten bei Havelberg (45000 ℳ), Döberitz (24000 ℳ), Bützer (34000 ℳ) und unterhalb Brandenburg (26000 ℳ), mit der Vertiefung des Dammgrabens bei Ketzin (36900 ℳ) und der Herstellung einer Mole, eines Leitwerkes u. s. w. im Göttinsee (50000 ℳ) wurde begonnen. Die meisten der erwähnten Bauten wurden im Laufe des Jahres ganz oder bis auf kleinere Nacharbeiten zu Ende geführt.

An der oberen Spree wurden mehrere Stromspaltungen bei Doeschko beseitigt (41000 ℳ). Mit der Reparatur des Wehres unterhalb Cottbus, Anschlag 10200 ℳ, wurde begonnen. Das auf 15000 ℳ veranschlagte Ueberfallwehr bei der Klixmühle wurde mit einer Ersparnifs von 3000 ℳ vollendet. Bei Stadt Unsal hatte sich der Umbau der Regulirungswerke als nothwendig erwiesen. Die mit 20000 ℳ veranschlagten Arbeiten sind gröfstentheils, die im Vorjahre begonnenen Bauten am Dämeritzsee und bei Rahnsdorf bis auf einige Nacharbeiten und die Regulirung bei Cöpenick vollständig beendet.

An der Weser wurden die in den Vorjahren begonnenen Regulirungsbauten am Reiherföhr, am Schubkarrenwehr, unterhalb der Hamelner Schleuse, bei Veltheim, in der unteren Suderbucht, am Fockenufer, an der Drackenburger Fähre, im Allerort, oberhalb der Amedorfer Schule, beim Dahlhauser Sielgraben, am Badener Hochufer und in der Schliener Bucht im Laufe des Jahres 1880 fertiggestellt.

Neu in Angriff genommen wurden folgende Correctionsanlagen an der Weser:

Im Bezirke der Wasserbauinspection Cassel fand sich auf der $3{,}_4$ km langen Strecke „am Bursfelder Wehr, Mäusekopf und hohen Ufer“ ein 3 maliger Wechsel zwischen Stromschnellen und Woogstrecken („Pfuhlen“). In den seichten Stromschnellen betrug (an den „Köpfen“) das Gefälle bis zu 1 : 300, während in den über 3 m bei N. W. tiefen Woogstrecken mefsbare Geschwindigkeiten nicht vorhanden waren. Die auf 26000 ℳ veranschlagte Correction besteht aus Einschränkungsbauten auf den Köpfen und Anlage von Grundschwellen in den Pfuhlen.

Bei Carlshafen betrug auf ca. 4 km Länge die Stromtiefe bei N. W. nur $0{,}_{45}$ m. Durch Einschränkung mittelst Parallelwerke und Buhnen, durch Baggerungen und Bau von Stromschwellen, auf 19600 ℳ veranschlagt, hofft man gröfsere Tiefen zu erzielen.

In den Gemarkungen Eisbergen und Möllenbeck, wo die Fahrrinne der Weser innerhalb des Flufsbettes zu stark serpentinirte, wurde mit dem Bau von 52 Stromschwellen begonnen, um den Stromstrich nach der Mitte des Flusses zu drängen. Anschlagssumme 13000 ℳ.

Unterhalb Tattenkopf im Baukreise Höxter wurde mit der auf 51500 ℳ veranschlagten Correction der Weser, in Ausbaggerung, Sprengarbeiten, Buhnen- und Parallelwerksbauten bestehend, begonnen, ebenso in der Lüchtinger Bucht, wo aufser den Baggerarbeiten 36 Buhnen verlängert, 26 Buhnen, 560 m Parallelwerk und 715 m Deckwerk neu gebaut werden sollen. Anschlagssumme 62300 ℳ.

Im Baukreise Nienburg ist mit den Correctionen zwischen Schlüsselburg und Stolzenau, $1,_8$ km Länge, auf 22300 ℳ veranschlagt, begonnen worden. Durch Einschränkungsbauten soll eine Niedrigwassertiefe von $1,_{25}$ m bei 60 m Normalbreite hergestellt werden. Hierzu sind 17 Buhnen auf dem rechten, 16 auf dem linken Ufer erforderlich. Die Kronenbreite derselben beträgt am Kopf $2,_4$, an der Wurzel 2 m. Sie erhalten 1fache Seitenböschungen, die Köpfe 4fache Böschung. Letztere liegen 60 cm über N. W., die Wurzeln 40 cm unter Uferrand. Die Buhnenkörper werden aus Packwerk hergestellt, die Köpfe durch Steinschüttungen und Pflaster verstärkt.

Bei Grofshutbergen im Baukreise Hoya wurde mit dem Ausbau einer $0,_4$ km langen Correction begonnen. 2 Buhnen am rechten, 5 am linken Ufer, auf 10200 ℳ veranschlagt, wurden bis auf die Bekrönungsarbeiten fertiggestellt.

Zwischen Lohhof und Niederboyen erwies sich der Bau von 9 Buhnen und mehreren Grundschwellen zur Unterbrechung eines tiefen Stromschlauches als erforderlich. Anschlagssumme 10800 ℳ. Die Buhnenköpfe werden aus Senkfaschinen hergestellt.

Am Nottorfer Werder im Baukreise Verden wurde mit dem Bau von 7 Buhnen begonnen, welche $2,_3$ m Kronenbreite, $^3/_4$ fache vordere und $1^1/_2$ fache hintere Böschungen haben.

An der Ems wurden die in den Vorjahren begonnenen Regulirungs- und Uferschutzbauten bei Herbrum (55000 ℳ) und Emen (30000 ℳ) im Amte Aschendorf gröfstentheils beendet, die Buhnenanlagen am Zitter im Amte Meppen fortgesetzt und die Correctionsbauten bei Hilter (11700 ℳ) und unterhalb Borsum (73200 ℳ) in Angriff genommen. Bei Hilter soll durch 31 rechts- und 19 linksseitige Packwerksbuhnen von $2,_2$ bis $2,_5$ m Kronenbreite, 1facher Seiten- und $1^1/_2$facher Kopfböschung, die $0,_{70}$ m über N. W. am Kopf liegen und mit 1 : 20 zum Ufer ansteigen, eine Fahrtiefe von 1 m bei N. W. auf 40 m Breite bewirkt werden. Unterhalb Borsum bildet der Bau von 7 links- und 8 rechtsseitigen Packwerksbuhnen die Einleitung zur Durchstechung einer ca. 150 m breiten Landzunge.

Am Rhein wurden die Ausbaggerungen des Schiersteiner Hafens und des Fahrwassers im Rheingau fortgesetzt, ebenso die Felssprengungen zwischen Bingen und St. Goar, die Correction der Stromspaltung bei Nonnenwerth, die Regulirungsbauten bei Orsoy, am Vossengatt und Scheerengatt, sowie der Bau des Sommerleinpfades am Vynenschen Gatt. — Beendet wurden folgende in den Vorjahren begonnene Bauten: der Sicherheitshafen bei St. Goar (158000 ℳ), die Correction der Stromspaltung am Ehrenthaler Werth (80800 ℳ), das Stromleitwerk an der Herseler Insel (36000 ℳ), die Regulirungsbauten bei Hittorf (55000 ℳ) und an der Ausmündung des Flürenschen Canals unterhalb Wesel (40000 ℳ).

Von neu in Angriff genommenen Bauten sind folgende zu bemerken:

Bei Braubach soll die linksseitige, übermäfsig tiefe Stromrinne mit 10 Grundschwellen durchsetzt, die Untiefe am rechten Ufer dagegen durch Baggerungen vertieft werden. Anschlagssumme 155000 ℳ.

Bei Rhens ist die durch Anlage von 2 Buhnen bereits begonnene Verlandung der linksseitigen Bucht durch Ausbau von 4 weiteren Buhnen zu vervollständigen. Anschlagssumme 25000 ℳ.

Die bei Niederwerth unterhalb Coblenz gelegene Kiesbank „Pumpe" ist durch Baggerungen gröfstentheils entfernt worden, während der Bau der an beiden Ufern für die Correction erforderlichen Buhnensysteme noch nicht in Angriff genommen werden konnte. Anschlagssumme 100000 ℳ.

Bei Wiesdorf wurde mit dem Bau von Zwischenbuhnen zur Ausfüllung der allzugrofsen Buhnenintervalle begonnen. Anschlagssumme 100000 ℳ.

Bei Zons soll die „Kirberger Ort" genannte Kiesbank durch Verlängerung von 3, Neubau von 5 Buhnen und Baggerungen bewirkt werden. Die auf 100000 ℳ veranschlagten Bauten wurden lebhaft gefördert.

An der Erft-Canal-Mündung ist mit der Wegbaggerung einer dieselbe einschränkenden Sandbank begonnen, ebenso mit der Erhöhung des Leinpfads oberhalb der Weseler Schiffbrücke.

Die Steinschüttungen der Grundschwellen bei Braubach, vorläufig auf — $3,_0$ m am Cobl. P. angelegt, erhalten 4 m Kopfbreite, 1fache vordere und 4fache rückseitige Böschungen. Die Buhnen bei Rhens, am Kopf auf + $2,_0$ m, an der Wurzel auf + $2,_5$ m am Cobl. P. liegend, gleichfalls aus Senksteinen hergestellt, erhalten 1 m Kronenbreite, 1fache vordere, 3fache rückseitige Böschungen. Die Zwischenbuhnen bei Wiestorf werden nur leicht aus Faschinen und Kies, die Buhnen bei Zons halb aus Kies mit $2,_5$ facher, halb aus Steinschüttung mit $1,_5$ facher Böschung angelegt, die Kronen erhalten 2 m Breite.

In der Lahn wurden die Leinpfadregulirungen bei Selters und Dausenau beendet. Beim Villmarer Schleusencanal erwies sich die Anlage einer Ausweiche und eine Verbesserung der Einfahrt erforderlich, wofür 10300 ℳ ausgegeben wurden.

Am Main wurde der Ausbruch der Steine, welche die Stromrinne bei Kleinsteinheim beengen, zur Ausbildung einer Normalbreite von 45 m fortgesetzt, ebenso die Aussprengungsarbeiten bei Kesselstadt. Die Baggerungen unterhalb Frankfurt wurden begonnen.

An der Mosel sind die in den Vorjahren angefangenen Bauten zu Ende geführt. Neu in Angriff wurde genommen: die Regulirung (durch Buhnenanlage) an der Aldegunder Fuhrt, auf 19800 ℳ, der Bau eines Sommerleinpfades zwischen Eller und Ediger, auf 10000 ℳ, sowie die Erhöhung des Hafendammes oberhalb Alf, auf 14500 ℳ veranschlagt.

An der Saar wurden die Uferbauten von Saargemünd bis zur Landesgrenze beendet.

Am Hafen von Ruhrort sind die in den Vorjahren begonnenen Arbeiten weitergeführt und mehrfache für den Betrieb erforderliche Geleisanlagen in Angriff genommen.

III. Canalbauten.

Der Neubau der V. Geneigten Ebene des Elbing-Oberländischen Canals, im April 1876 begonnen, wurde

im October 1880 bis auf einige Nacharbeiten zu Ende geführt. Die Anschlagssumme, 850000 ℳ, wird voraussichtlich überschritten. Durch diesen Bau werden 5 alte Holzschleusen mit $13,_{81}$ m Gesammtgefälle ersetzt.

Die in den Vorjahren begonnenen Arbeiten zur Vertiefung und Regulirung mehrerer Haltungen des Bromberger Canals wurden zu Ende geführt.

Die Vertiefung des Oranienburger Canals ist für die anschlagsmäfsige Summe (150000 ℳ) ausgeführt worden.

Die im Jahre 1876 begonnene Wasserstrafse Pinnow-Hennigsdorf ist im Laufe des Jahres 1880 mit allen Nacharbeiten für die anschlagsmäfsige Summe (1 060000 ℳ) beendet worden.

Der auf 1 900000 ℳ veranschlagte Bau der Wasserstrafse Zehdenick-Liebenwalde wurde in Angriff genommen. Von der Zehdenicker Schleuse wird zunächst auf rot. 1 km Länge das Havelbett benutzt; alsdann zieht sich der Canal mit 3 Haltungen an der linksseitigen Hochwassergrenze des Havelthales entlang bis $0,_4$ km oberhalb der Vofsschleuse, wo er in die regulirte Havel einmündet. Die Länge des eigentlichen Canals beträgt $12,_7$ km, die Länge der ganzen Wasserstrafse $14,_1$ km, die Wassertiefe in min. $1,_5$ m, die Sohlenbreite 12 m, in der Havel 22 m. Die beiden Schleusen erhalten $5,_{34}$ m Lichtweite in den Häuptern und $45,_5$ m Länge von Drempel zu Drempel. Der Canal ist gleichzeitig Zubringer für den Finow-Canal.

Mit den Verbesserungsarbeiten des Finow-Canals, in Vertiefung der Sohle bis auf $1,_{75}$ m, der Herstellung der normalen Sohlenbreite von 16 m, der Regulirung der Ufer durch Beseitigung scharfer Krümmungen und dem Umbau von Kunstbauten bestehend, ist begonnen. Anschlagssumme 2 200000 ℳ.

Beim Ausbau der Torfcanäle in Ostfriesland wurde eine 522 m lange Strecke in der Linie Spetzerfehn-Vofsburg-Nordgeorgfehn und eine 1075 m lange Strecke in der Linie Abelitz-Victorbuur-Tannenhausener Moor fertiggestellt.

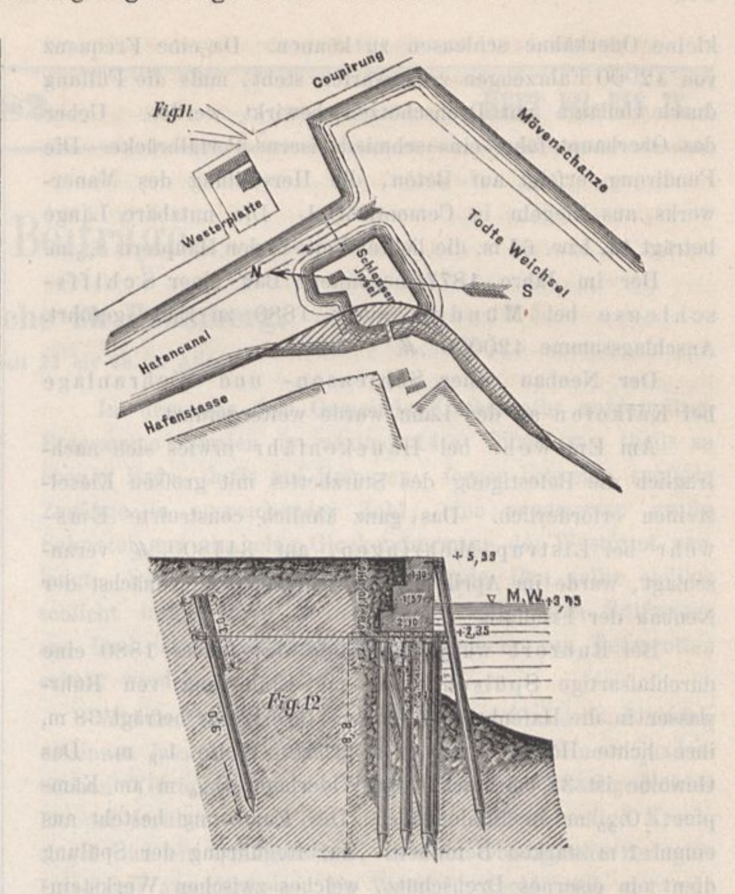
Ueber den Bau des Ems-Jade-Canals soll an anderer Stelle eingehend berichtet werden.

IV. Ufermauern, Bohlwerke.

In Memel wurde mit dem Bau eines Bohlwerks vor dem Ballastplatze am Sandkrug begonnen und die erste, 70 m lange Strecke, auf 21000 ℳ veranschlagt, fertig gestellt. Dasselbe besteht aus einer durch Zangen gefafsten Spundwand, gegen welche sich die durch eiserne Anker gehaltenen Bohlwerkspfähle legen, an welchen die auf der Spundwand stehende Bohlwand befestigt wird.

In Danzig wurden die im Vorjahre begonnenen Arbeiten fertig gestellt. Mit der Anlage nachträglicher Verankerungen an der alten Quaimauer des nördlichen Hafencanalufers, Anschlag 11200 ℳ, wurde begonnen, ebenso mit dem Abbruch der Schleuseninsel und der Erbauung einer neuen Quaimauer am linken Ufer des Hafencanals, Anschlagssumme 477000 ℳ. Der Abbruch war nothwendig, um die Einfahrt zu erleichtern. Die Situation der Anlage und die Construction der Quaimauer ergiebt sich aus den nachstehenden Skizzen Fig. 11 und 12.

Die Bohlwerksbauten im Hafen Colbergermünde wurden weitergeführt. Vor den mit Gurtungen versehenen Spundwänden sind die Bohlwerkspfähle von quadratischem



Querschnitt in 1 m Abstand gerammt. Dieselben werden mit kiefernen Bohlen bekleidet und durch Verankerungen von Rundeisen an eingerammten Ankerpfählen befestigt.

Aehnlich ist die Construction der 96 m langen, auf 59300 ℳ veranschlagten Section des Bohlwerks im Hafen Rügenwaldermünde, welche im Mai 1880 begonnen und grofsentheils noch vor Herbst beendet worden ist.

In Swinemünde wurde das im Vorjahr begonnene Bohlwerk fertiggestellt und mit dem Bau eines 170 m langen Bohlwerks in ähnlicher Construction auf der linken Swineseite zur Verlängerung des Hafenbahnhofs begonnen.

In Berlin kam eine hölzerne Uferschälung an der Strafse Neu-Cölln a/W. für 12500 ℳ zur Ausführung.

V. Schleusen, Wehre.

Die im Vorjahre begonnene Freiarche an den Lieper Schleusen wurde fertig gestellt. An dem 86000 ℳ betragenden Kostenanschlag sind 40000 ℳ erspart worden.

Mit dem Bau eines massiven Ueberfallwehrs bei Eberswalde wurde begonnen. Dasselbe ist aus Ziegeln mit Klinkerverblendung, an den Ecken und im obersten Theil des Rückens aus Granitsteinen gebaut. Die lichte Weite beträgt $10,_4$ m. An dem Kostenanschlag (52000 ℳ) wurden 28000 ℳ erspart.

Ferner sind die in den Vorjahren begonnenen Umbauten der Thiergarten-, Alt-Friesacker, jüngeren Pinnower und Friedenthaler Schleusen meist mit erheblichen Ersparnissen beendet worden.

Die im Jahre 1879 in Angriff genommene Schleuse bei Prieros wurde Ende November dem Betriebe übergeben.

Mit dem Neubau der Woltersdorfer Schleuse bei Rüdersdorf wurde im April 1880 begonnen. Für dieselbe sind 3 Thorpaare vorgesehen, um entweder grofse Elb- oder

kleine Oderkähne schleusen zu können. Da eine Frequenz von 12000 Fahrzeugen zu erwarten steht, mufs die Füllung durch Umläufe mit Drehschützen bewirkt werden. Ueber das Oberhaupt führt eine schmiedeeiserne Portalbrücke. Die Fundirung erfolgt auf Beton, die Herstellung des Mauerwerks aus Ziegeln in Cementmörtel. Die nutzbare Länge beträgt 44, bzw. 67 m, die lichte Weite in den Häuptern $8,_6$ m.

Der im Jahre 1877 begonnene Bau einer Schiffsschleuse bei Münden wurde 1880 zu Ende geführt. Anschlagssumme 420000 ℳ.

Der Neubau einer Schleusen- und Wehranlage bei Kalkofen an der Lahn wurde weitergeführt.

Am Emswehr bei Hanekenfähr erwies sich nachträglich die Befestigung des Sturzbettes mit grofsen Kieselsteinen erforderlich. Das ganz ähnlich construirte Emswehr bei Listrup-Mehringen, auf 344800 ℳ veranschlagt, wurde im April in Angriff genommen, zunächst der Neubau der Freifluth.

Bei Ruhrort wurde im Laufe des Jahres 1880 eine durchlafsartige Spülschleuse zur Einlassung von Ruhrwasser in die Hafenbassins erbaut. Ihre Länge beträgt 38 m, ihre lichte Höhe $2,_5$ m, ihre gröfste Weite $1,_8$ m. Das Gewölbe ist 38 cm stark, die Widerlager $0,_{60}$ m am Kämpfer, $0,_{85}$ m in Sohlenhöhe. Die Fundirung besteht aus einem 1 m starken Betonbett. Zur Regulirung der Spülung dient ein eisernes Drehschütz, welches zwischen Werksteinfalzen um eine excentrische Drehachse sich bewegt.

VI. Brücken.

Bei Spanden wurde eine Brücke über die Passarge hergestellt. Die Breite beträgt $7,_5$ m, die ganze Länge $29,_5$ m. Sie hat 2 Oeffnungen mit schmiedeeisernen Fachwerksträgern überbaut. Kostenanschlag 42000 ℳ.

Mit dem Bau der Pregelbrücke bei Wehlau wurde im Februar begonnen. Im December wurde die Brücke, deren Kosten sich auf ca. 300000 ℳ belaufen, dem Verkehr übergeben. Sie hat 2 feste Stromöffnungen von $26,_4$ und $28,_{15}$ m Weite und 1 Oeffnung mit Schiffsdurchlafs von $8,_7$ m Weite, ferner 5 Fluthöffnungen à $26,_1$ m Weite, so dafs die ganze Länge 213 m beträgt. Die Fahrbahn, 5 m breit, besteht aus Holzbelag und wird durch Halbparabelträger getragen. Zu beiden Seiten sind $2,_6$ m breite Trottoire ausgekragt.

Bei Alt-Dollstädt wurde eine Holzbrücke über die Sorge, 28 m lang, $8,_2$ m weit, mit 2 massiven Strompfeilern und 2 hölzernen Mitteljochen in Angriff genommen, Anschlag 48000 ℳ.

Mit dem Umbau der hölzernen Fluthbrücke über die Neifse bei Nieder-Bielau wurde im September 1880 begonnen. Dieselbe ist 116 m lang und ruht auf Holzjochen. Kostenanschlag 24900 ℳ.

Die Wiederherstellung des am 10. Januar durch Eisgang zerstörten Theiles der Oderbrücke bei Steinau, der Neubau von Eisbrechern und die Reparatur der ganzen Brücke wurde im Laufe des Jahres 1880 für ca. 50000 ℳ bewirkt. Die lichte Weite der Durchbruchsstelle betrug 28 m. Zur provisorischen Ueberbrückung derselben waren 2 hölzerne, mit Steinen ausgefüllte Kastenpfeiler angeordnet, auf welchen die Doppelhängewerke aufruhten, von denen die 4 m breite Fahrbahn getragen wurde.

Die Oderbrücke bei Cüstrin ist im Unterbau vollendet. Der eiserne Oberbau ist zunächst über den beiden rechtsseitigen Oeffnungen in Angriff genommen, in der zweiten Oeffnung fast ganz vollendet, in der Landöffnung begonnen.

Ueber die schnelle Havel bei Malz wurde eine hölzerne Brücke mit 5 Holzjochen und 2 massiven Landpfeilern, 28 m im Lichten weit. Am Kostenanschlag (39000 ℳ) sind ca. 10000 ℳ erspart worden.

Bei Hennigsdorf wurde eine Holzbrücke über die Havel, für welche 69500 ℳ ausgesetzt sind, in Angriff genommen und gröfstentheils beendet. Die lichte Weite zwischen den massiven Landpfeilern beträgt $35,_1$ m, der beiden Durchfahrtsöffnungen je $7,_5$ m. Der Oberbau besteht aus einfachen, bezw. über den Durchfahrtsöffnungen verdübelten Balken, die Stützen aus hölzernen Jochen.

Die von Holz erbaute Schlofsbrücke über die Havel bei Oranienburg wurde für ca. 14000 ℳ in ihren Haupttheilen reparirt, ebenso die Havelbrücke bei Baumgartenbrück für 10000 ℳ.

Bei Erkner wurde eine schmiedeeiserne Bogenbrücke zum Ersatz einer baufälligen Holzbrücke für ca. 53000 ℳ hergestellt.

Der eiserne Oberbau der Fuldabrücke bei Münden wurde im Laufe des Jahres von festen Gerüsten aus aufgestellt.

Die massive Brücke über die Leine bei Friedland wurde im November dem Betrieb übergeben. An der Anschlagssumme (27500 ℳ) werden voraussichtlich 4700 ℳ erspart.

Ueber den Emscanal bei Haren ist zum Ersatz einer theilweise beweglichen hölzernen Brücke eine schmiedeeiserne Drehbrücke angelegt worden. Die Fahrbahn ist $3,_{60}$ m breit, der Schiffsdurchlafs $6,_6$ m weit. Anschlagssumme 14100 ℳ.

Die im Vorjahre begonnenen Brückenbauten in Ruhrort wurden beendet.

VII. Dampfbagger etc.

Für die Kgl. Regierung zu Marienwerder wurde ein Dampfbagger, $14,_{60}$ m lang, $4,_{70}$ m breit, für 20000 ℳ gebaut, dessen Tiefgang $0,_{50}$ m und dessen Arbeitsleistung per Stunde in max. 45 cbm betragen soll.

In Harburg wurde ein schmiedeeiserner Ponton zum Anlegen der Dampffähre am rechten Elbufer für 20200 ℳ beschafft. Die Länge beträgt $9,_{66}$ m, die Breite $11,_{10}$ m, die Tiefe an der Vorderkante $2,_{05}$ m, an der Hinterkante $1,_{45}$ m. Die Aufsenhaut ist 8 mm, an den besonders gefährdeten Stellen 10 mm stark.

VIII. Hochbauten.

(Leuchtfeuer- und Signal-Anlagen.)

In Pillau wurde auf dem Kopf der Nordermole eine eiserne Leuchtbaake angelegt. Ihr unterer Durchmesser beträgt $3,_6$ m, ihre Höhe $8,_{17}$ m. Sie ist aus 8 schmiedeeisernen Rippen aufgebaut und mit einem kegelförmigen Mantel aus Eisenblech umgeben. Die Flamme wird nach dem System Pintsch mit Fettgas gespeist.

Die im Vorjahre begonnenen Beamten-Wohn- und Dienstgebäude wurden fertiggestellt.

Halle a. S., Buchdruckerei des Waisenhauses.